

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства
и механизации лесного хозяйства

Л.В. БУРЯК, О.П. КАЛЕНСКАЯ

**ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ
НА ФОРМИРОВАНИЕ НАСАЖДЕНИЙ
НИЖНЕГО ПРИАНГАРЬЯ**

Монография

Пушкино
2020

УДК 630.43
ББК 43.488
Б90

Буряк, Л.В. **Влияние пожаров на формирование насаждений Нижнего Приангарья** : моногр. / Л.В. Буряк, О.П. Каленская. – Пушкино : ВНИИЛМ, 2020. – 140 с. ; цв. вкл.

ISBN 978-5-94219-258-7

Рецензенты:

Н.П. Братилова – д-р с.-х. наук, проф., СибГУ имени академика М.Ф. Решетнева

С.В. Залесов – д-р с.-х. наук, проф., заслуженный лесовод России, Уральский государственный лесотехнический университет

Рассмотрены особенности лесообразовательного процесса светлохвойных насаждений на территории Нижнеангарского таежного района и дана оценка роли пожаров в этом процессе; определена совокупность факторов лесообразования, оказывающих наиболее значительное влияние на состояние лесных экосистем региона после воздействия пожаров. Установлены закономерности состояния компонентов светлохвойных насаждений и успешность лесовосстановления на нарушенных пожарами участках лесных земель в различных лесорастительных условиях Нижнего Приангарья.

ISBN 978-5-94219-258-7

© Филиал ВНИИЛМ
«Центр лесной пирологии», 2020
© СибГУ, 2020
© Буряк Л.В., Каленская О.П., 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ	5
1.1. Роль пожаров в процессе лесообразования хвойных насаждений.....	5
1.2. Влияние пожаров на формирование хвойных насаждений Приангарья	14
2. ОПИСАНИЕ РАЙОНА РАБОТ, МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	20
2.1. Характеристика района исследований	20
2.2. Методика проведения работ	25
2.3. Описание объектов исследования.....	30
3. ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ДРЕВОСТОИ.....	33
3.1. Влияние пожаров на отпад в древостоях.....	33
3.2. Территориальные особенности влияния пожаров на древостои хвойных насаждений.....	35
3.3. Устойчивость к воздействию огня основных лесообразующих пород региона.....	52
3.4. Влияние пожаров на структуру популяций.....	61
4. ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	68
4.1. Состояние вопроса	68
4.2. Влияние пожаров на напочвенный покров.....	71
4.3. Влияние пожаров на возобновление светлохвойных насаждений	81
5. ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ЛЕСООБРАЗОВАНИЕ СВЕТЛОХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ	94
5.1. Огонь как фактор формирования светлохвойных насаждений	95
5.2. Территориальные особенности воздействия огня на формирование светлохвойных насаждений	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	112
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	114

ВВЕДЕНИЕ

Среди множества природных и антропогенных факторов, определяющих состояние и динамику земель лесного фонда России, доминирующую роль играют лесные пожары.

В последние десятилетия под влиянием комплекса антропогенных и климатических факторов отмечается рост горимости лесов. В настоящее время в России ежегодно возникают десятки тысяч лесных пожаров. В обычные годы пожары своевременно локализуют, однако в периоды длительной засухи число пожаров может достигать такой величины, что имеющихся сил и средств недостаточно для локализации всех очагов. По экспертным оценкам, площадь, пройденная пожарами, в отдельные пожароопасные сезоны может достигать несколько миллионов гектаров [41, 166, 345]. В такие сезоны пожары растительности превращаются в стихийное бедствие, против которого еще не разработано радикальных средств борьбы.

Все работы по охране лесов от пожаров должны базироваться на научно обоснованном прогнозировании, которое позволяет достаточно точно предвидеть последствия воздействия огня на лесные экосистемы. Кроме того, необходимы региональные исследования, проведенные с учетом лесорастительных условий, так как по лесным районам характеристики пожаров и их последствия резко отличаются.

Нижнеангарский таежный район (Нижнее Приангарье) представляет первоочередной интерес, так как здесь, несмотря на интенсивные рубки, до сих пор сосредоточены основные массивы эксплуатационных лесов Сибири. Регион характеризуется значительной степенью нарушенности как вследствие прямого лесопромышленного освоения лесов, так и в результате воздействия пожаров и биотических факторов. Климатические и лесорастительные условия региона обуславливают высокую пожарную опасность, а повышение доли не занятых лесными насаждениями земель и усиление засух приводят к увеличению длительности пожароопасного сезона, росту частоты пожаров и горимости лесов. В этих условиях состояние отдельных компонентов природных комплексов лесного района становится нестабильным, поэтому требуется осуществлять постоянный экологический мониторинг.

Цель исследований – определение закономерностей воздействия пожаров на процесс лесообразования хвойных насаждений Нижнеангарского таежного района. При этом оценка последствий пожаров на лесные экосистемы проведена с учетом региональных особенностей, характеристик пожаров, их повторяемости и лесорастительных условий участков лесных земель. Прежде всего учтена приуроченность участка лесных земель к определенному типу условий местопрорастания (степени богатства и увлажненности почв).

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

1.1. Роль пожаров в процессе лесообразования хвойных насаждений

Лесообразовательный процесс

Словосочетание «лесообразовательный процесс» в публикациях по лесоведению и лесной типологии часто употребляется в разных по смыслу и объему значениях применительно к объекту исследований. В качестве синонимов лесообразовательного процесса используются термины: лесообразование, лесовосстановление, лесовозобновление, сукцессия, ряд преобразования растительных сообществ, формирование леса, сумма вариантов лесовосстановительных смен, формирование различных сукцессий после какого-либо разрушительного воздействия, генетический ряд ассоциаций и др. [32].

Формирование насаждений, или лесообразовательный процесс, включает множество взаимосвязанных аспектов, отличающихся порой разной степенью изученности и требующих анализа, первоначально отделяемого от влияния других сторон лесообразования. Например, строение, ход роста и развитие древостоев (смена пород, формирование разновозрастных и одновозрастных древостоев) [353]; модификация фаций, ряды трансформаций [327]; формирование состава и структуры древостоев и поэтапное формирование типов леса [210]; постадийное развитие насаждений [385]; пространственное размещение, возрастная структура и восстановительная динамика во времени применительно к отдельным регионам [268]; процесс от возобновления до полного распада древостоя и его динамика [353]; восстановительные ряды типов леса [253] и т.д. – все это отдельные стороны лесообразовательного процесса. Таким образом, процесс лесообразования включает в себя множество достаточно сложных компонентов и рассматривается в динамике.

Термин «лесообразование» очень часто встречается в работах Г.Ф. Морозова, особенно в сводном труде «Учение о лесе». Автор подчеркивал, что для изучения и понимания такого сложного явления, как лес, наиболее целесообразно вначале обратиться к изучению материала, из которого образуется лес, т. е. к лесообразователям, иначе, по его мнению, неясны были бы термин «лесообразователь» и само понятие о лесе [222, 224].

Динамика лесных фитоценозов в основе своей сукцессионна. По факторам, причинам и последствиям сукцессии очень разнообразны, поэтому лесной покров значительных территорий представлен многообразием сопряженных сукцессионных и возрастных состояний лесных ценозов. Сукцессии по разным классификационным основаниям дифферен-

цированы различными исследователями на типы, подтипы, варианты и сценарии [32].

В лесообразовательном процессе А.И. Бузыкин и Л.С. Пшеничникова [31] выделяют процесс формирования молодняков как важный этап становления древостоев, определяющий характерные черты их онтогенеза. Они подчеркивают, что основные параметры морфоструктуры – состав, густота, размещение деревьев по площади, строение полога, развитие крон и другие – закладываются на этом этапе формирования, от них зависят внутри- и межвидовые отношения в ценозе, рост, развитие и продуктивность древостоев. Теми же авторами отмечено, что это начальный этап формирования древостоев, включающий в себя качественно различные фазы роста и развития молодых поколений: превращение открытых группировок, отражающих лесовосстановительный процесс, в относительно закрытые группировки древесных растений с дифференциацией в ценозе по росту и уменьшением числа растений с возрастом.

В течение XX–XXI вв. понятие процесса формирования насаждений усложняется по мере изученности отдельных его сторон, усиливаются тенденции комплексного его изучения.

Г.Ф. Морозов в 1904 г. высказал идею о динамичности лесов, а в 1914 г., оценивая существующее многообразие, впервые обратил внимание на то, что в развитии лесных сообществ имеются лишь этапы однородного качества разной длительности и устойчивости, обусловленные как биологическими свойствами пород, так и средой [219, 225].

Неоднократно обращался к этому вопросу В.Н. Сукачев [333–335]. Он выделил вековые, эдафические, экогенетические и антропогенные смены пород [334]. Разработанные В.Н. Сукачевым положения о сукцессиях лесных ассоциаций и онтогенетических рядах лесных сообществ нашли отражение в трудах его учеников и последователей [201–203, 305–307].

Б.А. Ивашкевич в развитие идеи Г.Ф. Морозова [219] выделил «производные типы насаждений», расширил и углубил динамический подход к классификации лесов [122]. Эти начинания получили дальнейшее развитие в работах Б.П. Колесникова [138–146], который под разнообразием лесов понимает совокупность определенных стадий лесообразовательного процесса. Ведущим лесообразовательным фактором признается среда леса, вторым по значимости фактором – лесная растительность. Лесообразовательный процесс проявляется в виде смен древесных пород, происходящих под влиянием различных причин и имеющих разную продолжительность. Б.П. Колесников различает смены вековые, аллювиальные, возрастные, восстановительные (длительные и кратковременные). Важнейшим свойством типа леса является его принадлежность к определенному этапу лесообразовательного или лесовосстановительного процесса.

Понятия, близкие к такой трактовке типа леса, распространены среди географов. Так, Л.Г. Раменский [270], В.Б. Сочава [332], К.Г. Раман [269] понимают под элементарной морфологической единицей ландшафта фацию вместе с ее короткопроизводными вариантами.

Развивая учение Г.Ф. Морозова, В.И. Вернадского (о биосфере) и В.Н. Сукачева (о биогеоценозе), В.Н. Смагин внес понятие экогенеза. Экогенез – это основной закон эволюции биогеоценотического покрова Земли (биосферы), понимаемый как необратимый процесс развития и смены биогеоценозов, сущность которого проявляется в способности сообществ организмов (живого компонента биогеоценоза – биосферы) преобразовывать среду своего существования и на определенных рубежах этих преобразований изменить свой состав, структуру и продуктивность в направлении большего соответствия изменившимся условиям среды [311].

Роль пожаров в процессе лесообразования

Изучая происхождение и формирование растительности таежной зоны, многие исследователи обращали внимание на роль в этом процессе лесных пожаров [1, 3, 31, 95, 121, 167, 192, 206, 250, 257, 279, 283, 287, 288, 308, 313, 316, 318, 331, 339–350, 358, 374, 396, 371–396]. «Пожары, – писал Н.П. Курбатский, – выступают как мощный фактор гибели, восстановления и формирования лесов» [167]. С потеплением климата и появлением цветковых растений огонь в лесу стал, безусловно, одним из важнейших природных факторов [316]. Утверждается, что пожар в лесу – это естественный процесс, который в большинстве случаев определяет и тип экосистемы, и ее длительно-временную динамику. В свою очередь, на возникновение и распространение пожара влияют физико-географические, климатические и эколого-фитоценотические факторы, определяющие условия развития пожаров и степень воздействия их на окружающую среду. Антропогенный же фактор лишь увеличивает масштабы этого воздействия [47, 54, 279, 358].

Пожары от молний (реже от извержений вулканов и метеоритов) возникали в лесах задолго до появления человека и возникают поныне. Расчеты Н.П. Курбатского [167] показывают, что в начале голоцена от молний ежегодно возникало несколько тысяч лесных пожаров, способных беспрепятственно распространяться среди лесных массивов. В настоящее время количество загораний от молний в таежной зоне России составляет от 12–25 до 55–60% [208, 217]. В Сибири на долю пожаров от молний приходится до 40% их общего количества [111, 114, 115]. По мере развития цивилизации, роста населения и освоения лесных территорий, с появлением промышленности и транспорта число источников огня резко увеличилось. Многие районы Северного полушария с присущими им континентальным климатом и хвойными лесами особенно благоприятны для возникновения пожаров. В результате этого ежегодное количество пожа-

ров в лесах в течение многих веков агрикультурной эпохи возросло в десятки раз по сравнению с доисторическим периодом [374]. В связи с продолжающимся хозяйственным освоением таежных территорий, ростом плотности населения, повышением рекреационного значения лесов увеличивается частота лесных пожаров. Эта тенденция будет усиливаться [43, 90, 170]. Кроме того, возрастание частоты пожаров ожидается в связи с прогнозируемым потеплением климата [24, 388, 403, 414, 418]. Увеличение активности пожаров может привести в бореальных лесах Сибири к обострению экологических последствий воздействия огня [404, 418, 428].

Существует объективное мнение, что на территории тайги практически невозможно встретить участок леса, который когда-либо не был пройден пожаром, а во многих случаях не подвергался бы его неоднократному воздействию [374].

М.Е. Ткаченко [350, 351] одним из первых среди отечественных лесоводов дал научный анализ роли огня как фактора возобновления леса и смены пород в таежных лесах. Он отметил важное место огня в многовековой истории формирования лесов малонаселенных таежных регионов, где, с одной стороны, они гибнут после пожаров, а с другой – после их воздействия происходит обновление состава сообществ. М.Е. Ткаченко писал, что смена пород в результате пожаров от молний позволяла насаждениям использовать запасы питательных веществ из разных почвенных горизонтов, что обеспечивало многовековое существование лесов на одних и тех же площадях. По его мнению, огонь в лесу необходимо рассматривать как естественно-исторический фактор.

Исследования формирования лесов под воздействием пожаров были проведены в различных регионах страны и за рубежом. Установлено, что на территории Средней Сибири лесные пожары возникали еще с доисторических времен. Подтверждением этому служат сохранившиеся в почве и торфяниках угли. Предполагается, что в периоды 8 300–8 000, 6 000–5 000 и около 3 200 лет назад климат здесь был теплее и суше [157]. Лесные пожары, по мнению исследователей, происходили в период 5 000–4 200 и 3 400–2 800 лет до н. э. [416].

Современные растительные ландшафты Сибири – это результат взаимодействия пространственно-временной динамики пожаров с физико-географическими и климатическими особенностями регионов [46, 54].

Повсеместную нарушенность лесов Средней Сибири пожарами отмечали В.Н. Скалон и Г.П. Тарасов [305], И.Ф. Реймерс, Л.И. Малышев [271], А.В. Побединский [252], А.И. Бузыкин и Л.С. Пшеничникова [31], Л.В. Попов [257], П.М. Ермоленко [106], В.В. Фуряев [379], Г.А. Иванова [121], П.А. Цветков [387] и др. А.Ф. Миддендорф [213] не нашел здесь первобытных лесов, не затронутых лесными пожарами. Изучая естественный порядок, в котором сменяются различные древесные породы в перво-

бытных лесах, он установил закономерности встречаемости вместе сосны, лиственницы и березы в связи с «плодопеременными» сменами пород при восстановлении лесов после пожаров. Почти все исследователи Средней Сибири отмечали изменение породного состава лесов под влиянием пожаров. Л. В. Попов [257] указывал на то, что в континентальных условиях Средней Сибири, где температурный и водный режимы почв в немалой степени зависят от выраженности сезонно-мерзлотных явлений, пожары и рубки приводят к существенным изменениям гидрологического режима. В связи с этим процессы восстановления леса оказываются весьма сложными.

П.М. Верхунов [60, 66], Б.П. Колесников [140], С.Н. Санников [283], С.Н. Санников, Н.С. Санникова [288, 291, 292], М.А. Софронов [319] и многие другие указывали на большое значение огневого воздействия на леса в районах Зауралья и Западной Сибири. Обобщая основные особенности влияния лесных пожаров на условия среды, естественное возобновление и структуру популяций сосны в Зауралье, С.Н. Санников [285] писал, что наиболее общей, ярко выраженной и важной чертой ее биоэкологии является пирофитность, как результат ее длительного филогенеза при частом воздействии циклических низовых пожаров.

Практически все исследователи, занимающиеся изучением пожаров и их последствий в Алтайских борах, отмечают значительный рост горимости в последние десятилетия и сокращение площадей, занятых лесными насаждениями [107, 123, 132, 133, 164, 375, 425].

А.В. Побединский [252], В.П. Бобринев и Л.Н. Пак [21], М.Д. Евдокименко [97, 105] и др. отмечали существенную роль низовых пожаров в формировании лесов Восточной Сибири и Забайкалья.

О больших площадях гарей в горах Сибири и Дальнего Востока писали С.С. Ганешин [76], А.Н. Криштофович [162], Б.П. Тихомиров [353], Б.П. Колесников [141], В.Н. Смаган и др. [311], Ю.С. Прозоров [263], А.М. Стародумов [333], Е.П. Верховцев [59], И.Ю. Коропачинский [155, 156] и др. В горных лесах юга Сибири последствия пожаров изучали И.Ю. Коропачинский [156], М.А. Софронов [318], М.А. Софронов и др. [330], Л.С. Пшеничникова, С.М. Лесников [265], Н.Ф. Овчинникова [239]. Авторы отмечают, что процесс лесовосстановления на гарях в горных условиях юга Сибири не всегда протекает успешно, зачастую он занимает длительное время в связи с послепожарным мощным развитием травяной растительности либо может протекать через смену хвойных пород на мелколиственные.

Последствиям пожаров на многолетней мерзлоте посвящены работы Р.И. Аболина [4], А.И. Уткина [363], А.С. Исаева [129], П.М. Матвеева [193, 196], А.П. Абаимова и др. [1], А.П. Абаимова [3], П.А. Цветкова [386], Л.П. Лыткина [189]. А.И. Уткин указывает на то, что по отношению к лес-

ной растительности Центральной Якутии пирогенный фактор является одним из главных, он определяет не только состояние лесов, но и весь ход их развития: от возобновления до распада древостоев [357]. Формирование новых поколений леса происходит или на горячих, или в недрах расстроенных пожарами древостоев, причем в последнем случае лесовозобновительный процесс часто определяется степенью повреждения насаждений. Лиственничники, характеризующиеся естественным ходом развития (без воздействия пожаров), в Центральной Якутии почти не встречаются. По мнению П.А. Цветкова [386], лесные пожары играют определяющую роль в возникновении, распространении и динамике северо-таежных лиственничников. Их следует считать неизбежным эколого-эволюционным фактором формирования лесов и учитывать их долговременную роль.

Интересные сведения о влиянии пожаров на формирование лесов содержатся в работах, посвященных различным регионам других стран Северного полушария. Лесные пожары являются исторически постоянным фактором формирования лесов Скалистых гор (США) [437]. Интерес к пирогенным сукцессиям в лесах этого региона вызван и тем, что устранение естественных пожаров как мощного экологического фактора привело к отрицательным последствиям для существования лесной растительности [424]. Состояние и возобновление хвойных лесов Невады (США) в большой степени зависят от пожаров и их повторяемости [435]. При длительном отсутствии пожаров в национальном парке Глетчер (США) происходит интенсивная смена сосны на дугласову пихту и ель, которые без огневого воздействия образуют климаксовые сообщества [432]. Пожары в конце XIX – начале XX в. в значительной степени уничтожили леса из *Picea Engelmannii*, *P. glauca*, *Abies lasiocarpa* на юге штата Альберта (Канада) и Нью-Брунсвика [443]. Их место заняли леса из *Pinus contorta* [411]. Однако без пожаров в течение последних нескольких десятилетий наблюдается обратное вытеснение сосны пихтой и елью.

Мозаичность растительного покрова в таежных лесах Аляски обусловлена возникавшими в прошлом циклическими пожарами [440]. В бо-реальной зоне Канады лесные пожары от молний в прошлом составляли до 30% случаев и охватывали большие площади [435]. При отсутствии пожаров сосна, осина и другие породы замещаются здесь елью белой. В настоящее время почти ничего не известно о пространственно-временной динамике горимости лесов и повторяемости пожаров во многих географических регионах и типах леса. Пожары создают условия среды, но и сами от них зависят [415]. Воздействие пожаров на экосистему приводит к возникновению сложной растительной мозаики.

Проведенный анализ указывает на широкое распространение послепожарных сукцессий растительности, масштабность влияния пироген-

ного фактора во времени и пространстве для многих регионов Северного полушария [374].

Ландшафтный подход при изучении роли пожаров в процессе лесообразования

Со времени возникновения научного лесоводства исследования процессов лесообразования базировались на ландшафтной основе. Г.Ф. Морозов писал: «Лес и его территория должны слиться для нас в единое целое, в географический индивидуум или ландшафт» [222, 224]. И.С. Мелехов убедительно доказал, что лесные пожары – явление географическое [207] и предложил термин «ландшафтные пожары» [208]. Необходимость ландшафтного подхода при изучении природы лесных пожаров и их влияния на насаждения отмечалась многими другими авторами [63, 204, 207, 313, 371, 372, 374]. С.Н. Санников, Н.С. Санникова [284] указывают на то, что лесной пожар, охватывающий все компоненты биогеоценоза, многие территориально смежные биогеоценозы, урочища и целые лесные массивы и создающий «пожарную мозаику» фитоценозов, несомненно, представляет собой ландшафтное явление.

М.А. Софронов и А.В. Волокитина [323] также подчеркивают, что пожары растительности – явление сугубо географическое. Формой существования пожаров растительности является распространение горения по территории, которое обусловлено морфологической структурой растительного покрова, т.е. взаимным расположением в пространстве участков растительности. Из всех природных районирований наиболее близко пирологическому ландшафтное. Характеристика крупных природно-территориальных комплексов (ПТК) или районов по ландшафтным типам поведения пожаров представляет собой как бы обобщенную всестороннюю характеристику их природной пожарной опасности [323].

Сложное и многообразное влияние пожаров не ограничивается воздействием только на отдельные компоненты среды, а распространяется и на ее экологические режимы [372]. Вследствие этого направление и темпы послепожарного формирования растительности в значительной степени определяются взаимным расположением участков гари в структуре ландшафта. Объективное изучение и прогнозирование послепожарной динамики растительности может быть обеспечено тогда, когда точно известно местонахождение участка гари и присущий ему экологический режим в зависимости от сопряженного расположения в системе с другими природными комплексами. В этой связи серьезного внимания заслуживает изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе. Наличие ландшафтной основы позволяет определить взаимное расположение соседних и более далеких ПТК в крупной гари, что позволяет оценить возможные послепожарные изменения их экологических режи-

мов и прогнозировать направление формирования сообществ. На закономерностях повторяемости ПТК основана возможность выборочного изучения послепожарной динамики лесов в пределах ключевых участков. Последствия пожаров в наиболее полном объеме целесообразно рассматривать через их влияние на лесообразовательный процесс, протекающий во времени и по территории [372].

Э.Н. Валендиком и Г.А. Ивановой [47, 51] установлено, что каждая лесорастительная формация имеет свой «пожарный режим», характеризующийся определенным видом и интенсивностью пожара, его максимальным размером, интервалами повторяемости, степенью повреждаемости растительных ресурсов и послепожарной динамикой лесовосстановительных процессов.

Интенсивная межбиогеоценотическая миграция водорастворимых минеральных соединений, коллоидов и мелкозема, циклически стимулируемая огнем, является важным фактором биогеохимической эволюции ландшафта [282, 289]. Эта миграция приводит к постепенному обеднению биогенными элементами экотопов на повышенных местоположениях и к эвтрофикации нижележащих по рельефу экотопов, особенно водоемов и болот [226, 444]. В целом, изменяя состав и интенсивность обмена веществ и энергии в масштабе крупных ландшафтных комплексов, естественные и антропогенные пожары представляются существенным экологическим механизмом регулирования структуры, функций и эволюции биосферы [284].

Экологическая роль пожаров

В публикациях последних десятилетий широко и многосторонне трактуется экологическая роль пожаров в хвойных лесах.

К экологическим факторам принято относить практически любой элемент среды, способный оказывать прямое влияние на живые организмы, хотя бы на протяжении одной из фаз их индивидуального развития [86]. Исследования, выполненные в области лесоведения, геоботаники, почвоведения, биогеографии и физиологии растений, в соответствии с приведенным определением, позволяют рассматривать лесные пожары и горение в лесу как важный экологический непериодический фактор формирования растительности и среды ее обитания [241, 242, 281, 283, 373, 377, 416]. К непериодическим относят факторы, которые в обычных условиях в природном комплексе не существуют, а возникают внезапно [376].

По мнению Н.П. Курбатского [168], лесной пожар представляет собой случайное явление. Для его возникновения необходимо наличие горючего материала, подготовленного к воспламенению, и источника огня. Автор считает, что возникновение лесных пожаров на большой территории обусловлено закономерно периодически появляющимися природны-

ми факторами и закономерно повторяющимися источниками воспламенения.

Э.Н. Валендик [50, 54] указывает на то, что бореальные леса в современном виде сформировались 10–12 тыс. лет назад и все это время их сопровождали пожары. Исходя из данного посыла следует, что пожары в бореальных лесах Евразии – природный постоянно действующий фактор, под воздействием которого формируются эти леса, их морфоструктура, устойчивость и биоразнообразие. Соответственно, лесной пожар следует рассматривать как равнозначный природный фактор формирования растительных сообществ, особенно лесов бореальной зоны [54].

Для четкого и целостного представления об экологической и эволюционной роли пирологического фактора в жизни древесных пород, отмечал С.Н. Санников, необходимо рассматривать локальную популяцию древесной породы в целом как единицу существования и эволюции вида [347, 389], включающую все генерации и поколения деревьев (начиная с семян и завершая сенильными особями) на площади, достаточной для выявления ее структуры (возрастной, ярусной, горизонтальной), жизненности, возобновляемости и других фенотипических проявлений, а также генетических признаков [281]. С.Н. Санников отмечает, что с эволюционной точки зрения пожары как бы входят в «программу природы» [134], являясь естественным (апериодическим) фактором в жизни соснового леса [281].

В то же время С.Н. Санников [281] указывает, что прослеживается довольно четкая 10–12-летняя цикличность засух и пожаров, тесно связанная с минимумами солнечной активности. «Оборот огня» определяется наложением климатически обусловленных циклов горимости на стадии развития биогеоценозов.

По мнению М.А. Софронова и А.Д. Вакурова [321], под влиянием периодически повторяющихся пожаров происходило не только видообразование растений, но и формирование лесных ландшафтов. Огонь в лесу (в тех случаях, когда он возникает естественным путем) следует рассматривать как природный периодически воздействующий фактор. За миллионы лет эволюции биологические виды приспособляются к любому природному фактору.

Лесные пожары, по единодушному признанию всех исследователей, – постоянный исторический спутник таежных лесов и своеобразный экологический фактор их существования. Девственных таежных лесов, не подверженных влиянию огня в процессе формирования, сукцессий пород и поколений, вероятно, не существует, довольно редки взрослые древо-стои, поколения которых не испытали бы на протяжении своей жизни воздействия огня [30]. Вызывая возобновление и смены поколений, волны численности, временную пространственную изоляцию, жесткий отбор особей, а возможно, и мутации и таким образом изменяя все «элемен-

тарные эволюционные факторы» [3], циклические пожары были и остаются одной из движущих сил микро- и макроэволюции и филогенеза [286]. Элиминируя из популяций наименее огнестойкие особи, «пожарный отбор» как специфическая форма направленного естественного отбора во многих типах растительности оказал существенное, если не решающее, влияние на формирование состава биотопов, видов и экобиоморф [156, 228, 265, 281, 284, 325]. В лесах, подверженных воздействию повторных пожаров, широко представлены различные виды пиропитов, хорошо адаптированных к условиям среды гарей [286, 433, 434, 439]. М.А. Софронов и А.Д. Вакуров [321] подчеркивают, что в процессе эволюции светолюбивые породы приобрели повышенную устойчивость к пожарам.

В лесоводственной литературе существует четкое представление о том, что генезис и возрастное строение сосновых лесов в основном определяются воздействием пожаров, часто принимающих характер циклических [60]. Известно, что в сосновых сообществах в качестве главного признака восстановительно-возрастной динамики принимается возраст основного поколения древостоев. Этим сосняки отличаются от темнохвойных насаждений, где более информативным показателем принадлежности сообщества к той или иной стадии и фактором биогеоценотических взаимоотношений является состав пород [295, 375, 376]. Возраст основного поколения сосняков таёжной зоны в абсолютном большинстве случаев обусловлен давностью наиболее сильного пожара [60, 150, 353, 360].

По мнению Р. Риклефса [272], на «сухой» границе в пределах каждой температурной зоны значительную роль в определении формы растительных сообществ играют пожары.

Светлохвойные леса юга Средней Сибири, произрастающие в условиях континентального климата в сухих и теплых местообитаниях, несомненно, подвергались наиболее частым и сильным пожарам.

1.2. Влияние пожаров на формирование хвойных насаждений Приангарья

В южной тайге Средней Сибири на долю сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) приходится более 58% занятых лесными насаждениями земель, на долю темнохвойных пород – менее 18%. Нередко этот район называют областью распространения сосновых лесов, которые занимают 36% лесопокрытой площади [259].

Концентрированное размещение здесь сосновых лесов объясняется тем, что сухость климата и лесные пожары способствуют распространению этой ксерофильной и быстроразмножающейся породы, но суровые температурные условия ограничивают массовое расселение сосны в более северные районы Средней Сибири.

О более широком распространении на юге Средней Сибири темнохвойной тайги в прошлом свидетельствует сопоставление полученных в разное время данных о породном составе лесов конкретных районов. Так, в описаниях первых путешествий через Среднюю Сибирь XVII в., отчетах Илимской воеводческой канцелярии XVIII в., описаниях путешествий А.Ф. Миддендорфа [213], работах времен переселенческого управления [22, 76, 162, 163, 177, 401] есть немало указаний о произрастании темнохвойных лесов там, где сейчас распространены сосняки и березняки.

На смену темнохвойной тайги березняками и сосняками в результате пожаров обратили внимание П.С. Паллас, позднее – А.Ф. Миддендорф [213] и другие исследователи природы Средней Сибири. Наблюдения позволяют считать, что за последние 200–300 лет площадь темнохвойных лесов в отдельных районах Средней Сибири значительно уменьшилась в связи с послепожарной сменой на березовые и сосновые леса [259].

Л.В. Попов [259] писал, что обращает на себя внимание широкое распространение березняков, которые не могут считаться коренными для южно-таежной подзоны. Сосновые леса нередко занимают местоположения, которые по общим условиям свойственны темнохвойным лесам. По его мнению, причиной этого являются лесные пожары, о чем свидетельствует частая встречаемость в таких сосняках остатков ранее произраставших здесь темнохвойных лесов.

На юге Средней Сибири наиболее изучен район Приангарья. Этому району посвящены работы многих исследователей [30, 58, 85, 160, 161, 163, 252, 264], в которых отмечается, что в данном регионе лесные пожары существенно изменили облик таежных лесов. Прежде всего, на громадных территориях в плакорных условиях Среднесибирского плоскогорья произошла смена темнохвойных на светлохвойные, образовались обширные площади производных лиственных лесов [32, 58, 163, 255].

А.И. Бузыкин и Л.С. Пшеничникова [32] указывают, что относительно частые низовые пожары препятствуют восстановлению ели, пихты, кедра, постоянно уничтожая их подрост и второй ярус в современных сосняках и лиственничниках Приангарья, возвращая темнохвойные породы в пожароустойчивые убежища (лога, приречные, приручьевые и заболоченные местообитания), откуда в межпожарные периоды они вновь и вновь начинают свое распространение.

Вместе с тем существует мнение, что Средняя Сибирь была центром формирования сосново-лиственничных и лиственнично-сосновых лесов с плейстоцена [160, 161, 358, 359] или позднее (в голоцене) стала центром формирования сосновых лесов [402–405]. По мнению Л.В. Шумиловой, сосновые леса сменили здесь темнохвойную тайгу в начале голоцена, в результате чего сформировалась хорошо выраженная зона сосновых лесов в бассейне р. Ангары. Гипотезы Л.Н. Тюлиной, И.М. Крашенинникова

и Л.В. Шумиловой подтверждаются палинологическими исследованиями по Приангарью. Данные М.П. Гричук [84, 85] подтверждают мнение Л.Н. Тюлиной [360, 361] и И.М. Крашенинникова [160, 161], а данные М.И. Нейштадта [234, 235] – мнение Л.В. Шумиловой [402–405]. М.П. Гричук [84, 85] на основании спорово-пыльцевых анализов и обобщения литературных источников считает, что эпохи расширения темнохвойных лесов чередовались с эпохами расширения светлохвойных лесов. М.И. Нейштадт [234, 235] указывает, что в голоцене происходило увеличение площади сосновых лесов и сокращение темнохвойной тайги. По мнению Б.Н. Надеждина [232], сосняки Приангарья являются коренными. А.В. Побединский [252] разделяет эту точку зрения, так как, по его мнению, почвенные условия и современная относительно высокая сухость климата не создают условий для повсеместного произрастания темнохвойной тайги. Сухость воздуха и почвы – весьма важный фактор, препятствующий появлению и росту ели и пихты [223, 356].

Л.В. Попов [259] пишет о том, что, казалось бы, существует противоречие, которое было отмечено А.В. Побединским [252]: с одной стороны, по материалам исследователей природы Средней Сибири, площадь сосновых лесов в Приангарье заметно расширилась в течение последних 200–300 лет в связи с послепожарной сменой темнохвойной тайги на сосновые и березовые леса; а с другой – существует аргументированное и подкрепленное палинологическими данными мнение о широком распространении здесь сосновых лесов в более ранний период. По мнению Л.В. Попова [259], это противоречие только кажущееся. По его представлениям, несколько веков назад темнохвойные леса были значительно шире распространены на высоких водоразделах в средней и южной части Приангарья. Нижние части склонов водоразделов и террасы долин крупных рек, а также участки с песчаными почвами на водоразделах были заняты сосняками. Он пишет, что и до широкого распространения лесных пожаров, связанных с сельскохозяйственным освоением земель, в этой части Средней Сибири, очевидно, не были редкостью послепожарные восстановительные процессы и появление березовых и сосновых лесов на месте сгоревшей темнохвойной тайги.

Л.В. Попов [257] отмечает, что центр формирования лиственнично-сосновых или сосновых лесов мог существовать уже потому, что на той территории, которую теперь принято относить к подтаежной зоне, сосновые леса, видимо, преобладали, а в среднем Приангарье, хотя и не доминировали, но были распространены в специфичных по рельефу и почвам местах.

По мнению А.И. Бузыкина и Л.С. Пшеничниковой [31], позиции светлохвойных и темнохвойных насаждений в пределах ландшафта четко разграничены. На аллювиальных отложениях и продуктах выветривания песчаников формируются чистые или с небольшим участием лиственнич-

цы и березы сосняки толокнянко-брусничные, брусничные, рододендрово-брусничные, ксерофитно-разнотравные, лишайниково-брусничные и близкие к ним типы леса. В этих условиях позиции сосны весьма устойчивы. Каким бы быстрым разрушительным или медленным воздействиям не подвергался древостой этих типов леса и сколько бы поколений сосны не сменяло друг друга, указанные местообитания по своим экологическим режимам являются неодолимым препятствием экспансии темнохвойных и, как правило, всегда заняты сосной (сосновые экотопы по Ермоленко [106]). На влажных плакорных и переувлажненных местообитаниях произрастают темнохвойные породы или они находятся под пологом лиственничных древостоев.

В промежуточных эдафотопках – между недостаточно увлажненными и переувлажненными – на почвах тяжелого гранулометрического состава на кембрийско-ордовикских пестроцветных отложениях формируются зеленомошные и близкие к ним типы леса. Они занимают обширные плакорные территории, пологие склоны плоскогорных форм рельефа, шлейфы склонов и другие местообитания.

Господствующая в Среднем Приангарье зеленомошная серия типов леса служит ареной сложных взаимоотношений светлохвойных, темнохвойных и мягколиственных лесов и различных смен пород под своеобразным контролирующим влиянием пожаров. Структура указанных лесов и позиции образующих их пород очень динамичны.

А.И. Бузыкин и Л.С. Пшеничникова [31] подчеркивают, что несмотря на то что климатические условия определяют и контролируют общий лесообразовательный процесс, современный облик весьма динамичной зеленомошной серии леса сформировался под влиянием интенсивных пожаров. Практически все леса этой серии в Приангарье находятся на разных этапах восстановительных смен, в свою очередь существенно осложненных и трансформированных частыми низовыми пожарами. Особенно велика роль низовых пожаров, по их мнению, в формировании состава и густоты хвойных и хвойно-лиственных молодняков. В смешанных хвойно-лиственных молодняках, находящихся в жердняковой стадии, низовые пожары выступают в качестве регулятора состава и густоты древостоев.

Кроме того, авторы утверждают, что имеется много данных, позволяющих считать, что при исключении пожаров из жизни леса вряд ли светлохвойные леса господствовали бы в Приангарье. Скорее всего, они оказались бы приурочены к локальным территориям своих ксерофильных местообитаний, занимая намного меньше площади по сравнению с современным распространением. Пожары, выступая в качестве своеобразного экологического (гидро-, термо- и тепломелиорирующего) фактора, способствовали широкой экспансии, принципиально обратимой, светлохвойных лесов.

*
* *

Нельзя не согласиться с заключениями большинства авторов о многоплановой роли пожаров в формировании светлохвойных насаждений и о необходимости регионального подхода при ее изучении.

Лесные пожары на протяжении исторически обозначенного времени были и остаются важнейшим лесоводственным и экологическим фактором, определяющим в значительной степени условия гибели, возникновения, качественное состояние и формирование таежных лесов [376]. Влияние пожаров на лесную растительность и водно-тепловой режим почв тесно связано с особенностями лесорастительных условий. Эта связь проявляется двояко. Во-первых, от этих условий зависят возможность возникновения, распространение и сила огня. Во-вторых, изменение лесной растительности и водно-теплого режима почв в результате пожара происходит в разных условиях неодинаково [259]. Под воздействием огня одни насаждения гибнут, другие сильно повреждаются, третьи переносят пожар почти без последствий. Это зависит, с одной стороны, от вида и силы пожара, с другой – от пожароустойчивости древесной породы [316].

Изменения, происходящие в лесных формациях после пожара, различны и зависят от характера и вида пожара. Для практики лесного хозяйства важно, что в одних случаях это может быть полная потеря хозяйственной и биологической ценности лесов, когда требуются неотложные меры для их восстановления и предотвращения возможного отрицательного влияния горельников на оставшиеся древостои; в других – наоборот, хозяйственное воздействие в какой-то период времени (более или менее длительный) не требуется, а гарь можно использовать с большей отдачей [92].

Пожары в зависимости от их вида и интенсивности в той или иной степени нарушают жизнь леса, а нередко уничтожают лесные биогеоценозы полностью. Низовые пожары составляют более 90% всех пожаров и по числу, и по площади, поэтому изучение повреждений древостоев низовыми пожарами имеет большую практическую значимость. Характер повреждения древостоя в сочетании с отпадом предопределяет в значительной степени ход лесовосстановительных процессов на пожарище [321].

Сила и периодичность наиболее распространенных в Средней Сибири низовых пожаров зависят как от особенностей лесорастительных условий, так и от близости источников возникновения пожаров. По мнению Л.В. Попова, низовые пожары имеют широкое распространение и существенно влияют на восстановительную динамику лесов [259].

При оценке последствий пожаров необходимо учитывать влияние горения как непосредственно на живые организмы, так и на среду их обитания, т. е. на отдельные биогеоценозы в целом и их сочетания [321].

М.А. Шешуков [399] писал, что влияние пожаров на лесные фитоценозы в зависимости от их вида и интенсивности неравнозначно. В одних

случаях могут происходить необратимые процессы – эрозия почв на крутых склонах, приводящая к образованию каменистых россыпей; в других – длительные эколого-динамические восстановительные смены, при которых наблюдаются дигрессивные сукцессии, сопровождаемые развитием дернового процесса, заболачивания или разболачивания; в-третьих – фитоценозы не претерпевают каких-либо существенных изменений в своем развитии. При этом в различных зонально-географических районах качественные последствия пожаров проявляются неоднозначно.

Все вышесказанное определяет необходимость региональных исследований процесса формирования насаждений с участием пожаров. Нижнее Приангарье, где сосредоточены основные эксплуатационные леса Сибири, вызывает первоочередной интерес, в том числе, и в связи со значительной степенью нарушенности лесных экосистем региона. Основные причины нарушения – интенсивные лесозаготовки, часто несанкционированные, и пожары. В последние десятилетия в регионе исследования отмечается рост частоты пожаров и горимости лесов [82, 108, 245–247, 298, 324, 425]. Вероятно, это происходит вследствие урбанизации юга Сибири, а соответственно, роста антропогенных нагрузок. Кроме того, большое влияние на этот процесс оказывают снижение финансирования и постоянные реорганизации предприятий лесной отрасли [82, 108, 139, 245, 425], а также отмечаемое еще с 1940-х гг. потепление климата [67, 199, 274, 326, 345, 386, 405], и, как следствие, усиление засух [326]. Таким образом, формирование новых условий ставит перед лесоводами актуальную задачу – установить последствия этих изменений на территориях, испытывающих наибольшую антропогенную нагрузку. К таким регионам относится и Нижнеангарский таежный район. Причем особый интерес вызывают процессы послепожарного отпада, смены пород, лесовосстановления, в целом процесса лесообразования.

2. ОПИСАНИЕ РАЙОНА РАБОТ, МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика района исследований

Исследования проведены на территории Приангарского плато, расположенного в Красноярском Приангарье (Нижнеангарский таежный район), с координатами от 57 до 60° с. ш. и от 93 до 102° в. д.

Территория Приангарского плато занимает 10,5 млн га. Его северная и восточная границы проходят по водоразделу рек Подкаменная Тунгуска и Ангара и далее по границе с Иркутской областью, западная и южная – по восточной границе Енисейского кряжа и водоразделу рек Чуна и Бирюса [107]. Рельеф представляет собой сплошное сочетание равнин, возвышенностей и плоских водоразделов, сложенных отложениями орловика и юры с элювиальными и древними аллювиальными четвертичными отложениями [366]. Поверхность плато сложена нижнепалеозойскими карбонатными и терригенными отложениями [77].

Разница высот – от 400 до 800 м над уровнем моря. Абсолютные высоты местности и средние высоты водоразделов возрастают к северу и западу. Территория плато расчленена густой сетью рек – притоков Ангары. Большинство из них текут в хорошо разработанных широких долинах с многочисленными террасами. Долина Ангары врезана в поверхность плато на 100–200 м и имеет четкообразное строение: участки расширений чередуются с ущелистыми сужениями в районах выходов траппов [77].

Преобладающие превышения водоразделов над долинами рек составляют 60–150 м над уровнем моря. Густота расчленения рельефа значительна. Средние расстояния между соседними понижениями рельефа – 0,4–0,7 км.

Климатические условия региона формируются под преобладающим влиянием областей повышенного давления в большую часть года. Распределение климатических показателей определяется особенностями рельефа. В связи с господством антициклонических погодных условий мезо- и макроклиматические различия в условиях пересеченного рельефа и широких речных долин невелики.

Южная тайга характеризуется значительным годовым приходом солнечной радиации – 27–37 ккал/см², что позволяет характеризовать регион как территорию умеренно-теплым климатом. Продолжительность вегетационного периода – 140 суток. Безморозный период – 90 суток. Показатели длительности вегетационного и безморозного (особенно последнего) периода заметно варьируют от условий местности. В долинах крупных рек и на склонах возвышенностей эти периоды продолжительнее

(на 10–15 суток), в отрицательных формах рельефа и на полянах среди тайги – короче (на 10–15 и даже 20 суток).

Годовое количество осадков на западе региона достигает 400–500 мм, на востоке – 400–350 мм, испаряемость – 250 мм. В целом западная часть отличается менее суровыми и континентальными климатическими условиями, чем восточная.

Зима начинается с конца октября и длится до конца марта. Снежный покров к концу сезона достигает в среднем высоты 50–60 см на востоке зоны и 70–80 см на западе. Летний сезон длится около 2,5 месяцев. Осадки распределяются в течение сезона довольно равномерно. К востоку нарастает континентальность климата.

Район исследований отнесен к Нижнеангарской климатической провинции южной тайги Средней Сибири.

В результате совокупного воздействия циркуляционных факторов и местных физико-географических условий провинция имеет хотя и резко континентальный, но менее суровый климат по сравнению с другими провинциями южной тайги. Зима холодная – средняя температура января изменяется от -17,7 до -25,6 °С. В холодный период циклонические условия наблюдаются редко, и высота снежного покрова на севере и западе составляет от 40 до 80 см, в южных и восточных частях – от 30 до 50 см. Такая небольшая высота снежного покрова при длительных устойчивых морозах не предохраняет почву от промерзания. В этой климатической области встречаются «острова» мерзлых грунтов [152]. Лето короткое, жаркое: средние температуры в июле – от 17 до 19,1 °С, сумма температур выше 10 °С составляет от 1 450 до 1 700 °С.

В провинции выделяются три климатических округа с запада на восток, незначительно различающиеся между собой: Чуно-Бирюсинский, Нижнеангарский и Ангаро-Чадобецкий.

Южной тайге, островным лесостепям и степям свойственны почвы с длительным сезонным промерзанием без многолетнего слоя мерзлоты. В южной тайге распространены дерново-подзолистые почвы, которые встречаются отдельными участками и в других районах Средней Сибири.

Согласно почвенно-географическому районированию территория Нижнего Приангарья отнесена к Приангарской провинции дерново-подзолистых, дерново-карбонатных и серых лесных оглеенных длительно-мерзлотных почв [107].

В южной части Средне-Сибирского плоскогорья наряду с многолетнемерзлыми горными породами мощностью до 25–30 м распространены и немерзлые породы, количество и площадь которых увеличиваются в направлении с северо-востока на юго-запад. В районе Ангары талики имеют характер изолированных «окон» в толще мерзлых пород (рис. 2.1).

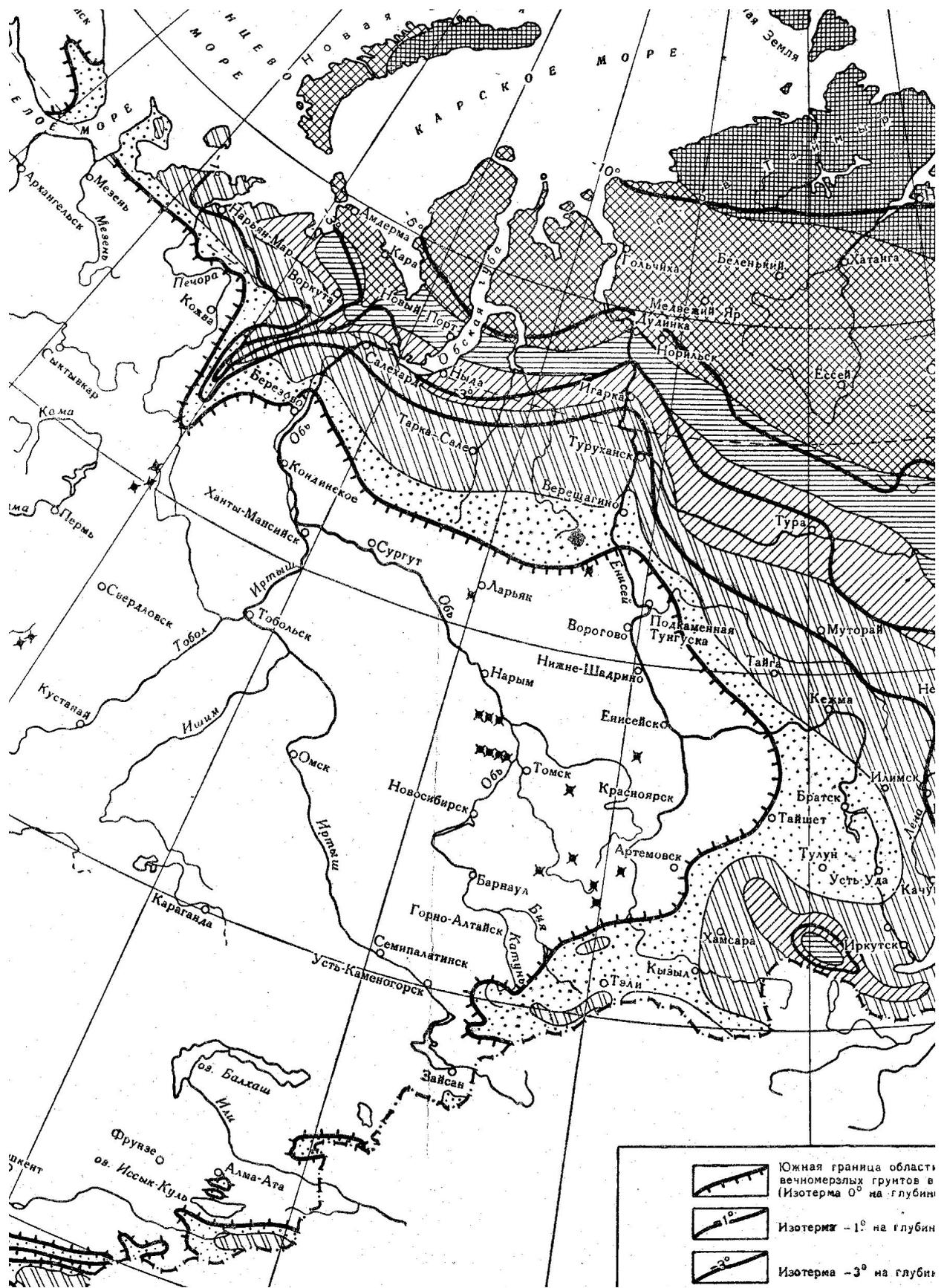


Рис. 2.1. Границы вечной мерзлоты

В соответствии с рельефом и климатическими условиями распределяется и растительность. По лесорастительному районированию Г.В. Крылова [164], район исследований отнесен к Чуно-Ангарской подпровинции лиственнично-сосновых лесов, которая образует бассейн нижнего и среднего течения Ангары. Чуно-Ангарская подпровинция входит в Средне-Сибирскую провинцию светлохвойных лесов. Согласно районированию, проведенному В.А. Соколовым [315] и С.К. Фарбером [368], правобережная часть Ангары отнесена к Чадобскому плоскогорному субэкорегionу сосново-лиственничных лесов и Катангскому плоскогорному субэкорегionу сосновых лесов, входящих в Ангарский южно-таежный эколого-экономический регион. В соответствии с приказом Министерства природных ресурсов РФ от 28.03.2007 № 68 «Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации» регион отнесен к Нижнеангарскому таежному лесному району таежной лесорастительной зоны.

Левобережная часть попадает в Нижне-Канский равнинный субэкорегion елово-пихтовых и производных лесов и Абанский равнинный субэкорегion светлохвойных и лиственничных лесов, входящих в Канско-Ачинский лесостепной экорегion.

Лесистость территории – 90%, заболоченность – около 10%. Средний запас древесины составляет 200–250 м³/га.

В регионе распространены лиственнично-сосновые, сосновые, реже еловые и елово-пихтовые леса. Очень редки верховые сфагновые болота. В долинах небольших рек и на вершинах отдельных невысоких сопкок появляются заросли ерника с моховым, мохово-лишайниковым и сфагновым покровом.

Сосновые леса сосредоточены в бассейнах Ангары и ее притоков. Они покрывают большую площадь и образуют крупные массивы. На песчаных и супесчаных отложениях широко развиты сосняки-брусничники с моховым и мохово-лишайниковым покровом. Бруснично-травяные сосняки приурочены к легким песчаным и супесчаным почвам и занимают меньшую площадь. Значительные площади представлены травяными сосняками с высоким и густым травяным покровом; они приурочены к невысоким водоразделам и склонам. Встречаются лишайниковые, сфагновые, долгомошниковые, рододендроновые сосняки.

Еловые и елово-пихтовые леса, покрывающие до 27,6% площади региона, приурочены преимущественно к самым низовьям Ангары, где они произрастают на террасах и по невысоким увалам, сложенным рыхлыми отложениями. Есть здесь и лиственничные леса, но они занимают небольшую площадь и встречаются отдельными участками.

Особенную ценность в Нижнем Приангарье представляют сосняки, характеризующиеся сравнительно высокой продуктивностью, большой

концентрацией древостоев и высоким качеством древесины. Древостоями с преобладанием сосны занято около 4 млн га, или 42% площади, а с преобладанием лиственницы – 2,2 млн га, или 24%. Другие хвойные представлены незначительно: древостоями с преобладанием ели занято 0,7 млн га (8%), пихты сибирской – 334 тыс. га (4%), кедра сибирского – 250 тыс. га (3%). К югу и юго-западу широко распространена береза – 1,5 млн га (16%), местами встречаются осиновые насаждения – 300 тыс. га (3%) [107].

На территории региона выделяют 8 хозяйственных групп типов леса: лишайниковую, зеленомошную, разнотравную, высокотравную (крупнотравную), папоротниково-хвощовую, долгомошную, сфагновую и травяно-болотную.

Лишайниковая группа занимает около 6% площади и в основном представлена сосняками, реже лиственничниками на бедных сухих местообитаниях с песчаными или слаборазвитыми каменистыми почвами. Классы бонитета – VI–V. Древостои часто группово-разновозрастные. В сосновых насаждениях естественное возобновление хорошее, в лиственничных – неудовлетворительное.

Наибольшая площадь относится к разнотравной и зеленомошной группам типов леса – до 67%. Насаждения представлены сосновыми (54–64%) и лиственничными (23–27%) древостоями, реже с господством березы (18–4%) и осины (5–1%). Класс бонитета – III, реже – II и IV. Лиственничники встречаются в виде чистых древостоев или с примесью сосны, класс бонитета изменяется от I до IV.

Высокотравная группа типов леса занимает 9% площади региона. В эту группу входят наиболее производительные сосновые и лиственничные леса на богатых почвах с хорошим проточным увлажнением, I и II классов бонитета. Темнохвойные леса характеризуются II и III классами бонитета.

Папоротниковая группа типов леса (7% площади) связана с припойменными частями рек с сезонно-мерзлотными дерново-подзолистоглеевыми и торфянисто-перегнойно-глеевыми почвами. Лесообразующие породы – ель, береза и лиственница. Классы бонитета древостоев – IV–V.

Типы леса долгомошной группы занимают припойменные понижения и замкнутые котловины на водоразделах с сезонно-мерзлотными перегнойно-глеевыми почвами. Насаждения представлены лиственничными, реже темнохвойными, древостоями IV–V классов бонитета.

Типы леса сфагновой группы часто примыкают к долгомошным, занимая еще более переувлажненные местообитания. Класс бонитета древостоев – V–Va. Основная лесообразующая порода – ель, за ней в порядке убывания следуют лиственница, сосна, кедр и береза.

Травяно-болотная группа, представленная главным образом ельником осоковым и березняками осоковым и осоково-хвощовым, развивается

на пониженных участках вдоль рек и на болотах с проточным увлажнением с перегнойно-глеевыми или торфянисто-перегнойными почвами. Класс бонитета древостоев – V. На долю этой группы приходится 3% площади [107].

Э.Н. Валендик [42] на основании районирования по рельефу, климату, растительности и горимости выделил Приангарский лесопожарный район. Согласно лесопожарному районированию государственного лесного фонда, разработанному М.А. Софроновым [319], район исследования отнесен к Нижне-Ангарскому лесопожарному округу Ангарской лесопожарной области и характеризуется наличием большого числа крупных (более 100 тыс. км²), средних и небольших пожароопасных массивов. Плотность сельского населения – 1 чел./км², основная часть населения проживает в крупных поселках по берегам Ангары, где его плотность составляет 10 чел./км² [10].

Интенсивность ведения хозяйства высокая: леса освоены или намечены к освоению в ближайшие 10–20 лет. Пожароопасный сезон начинается с середины мая и заканчивается в начале сентября, т.е. длится 110–120 суток, в отдельные годы – 135 суток. Максимум пожаров приходится на июль. Частота пожаров (число случаев на 100 тыс. га) изменяется от 1,6 до 5. В целом горимость лесов региона высокая: в среднем за год регистрируется 300 лесных пожаров [10].

2.2. Методика проведения работ

В период подготовки к полевым исследованиям по спутниковой информации, картографическим материалам и лесоустроительной базе данных выбирали наиболее характерные участки нарушенных и не нарушенных лесных земель. При этом старались охватить все многообразие типов лесных ландшафтов изучаемого района. Для обследования нарушенных земель (гарей, вырубок, гарей по гарям, гарей по рубкам и т.п.) отбирали участки, наиболее широко представленные в данном районе. При закладке пробных площадей в слабонарушенных или ненарушенных насаждениях серии участков подбирали таким образом, чтобы было охвачено все многообразие типов лесорастительных условий данного региона.

Пробные площади закладывали в насаждениях, пройденных пожарами разного вида, формы и силы, на рубках, пройденных пожарами, на участках гарей, повторно пройденных огнем. В качестве контрольных использовали длительно негоревшие участки леса либо нарушенных лесных земель (вырубок, гарей). Соответствие участков, пройденных огнем, контрольным обеспечивалось их принадлежностью к одному типу условий местопроизрастания (ТУМ), идентичностью рельефа и почв, сходством породного состава, допозарной полноты и возраста древостоев; для нарушенных

участков – давностью рубки и предыдущего пожара. К каждому типу условий местопроизрастания, типу леса, возрасту древостоев, а также к каждой категории нарушенности старались подобрать не менее 2-х контрольных участков. Отмечали приуроченность насаждений к склонам разных экспозиций, высоту над уровнем моря, давали характеристику лесорастительных условий, степени богатства и увлажнения почв.

В случае значительной нарушенности территории на участках крупных гарей и вырубок обследование проводили в соответствии с методикой [425]. Использовали базовые пробные площади (ПП) круглой формы размером 0,1 га (радиус 17,84 м) или 0,2 га (радиус 25,23 м), в зависимости от густоты не погибшей (или оставшейся) части древостоя. Пробные площади закладывали вдоль трансект, проложенных для каждой гари (или вырубки). Для относительно однообразных гарей брали по 5 пробных площадей, заложенных в форме буквы L, с расстоянием 150 м между центрами площадей. Для гарей с пятнистым расположением древостоя различной степени повреждения пробные площади располагали вдоль зигзагообразной трансекты или вдоль параллельных трансект, проходящих пропорционально через участки с различной степенью повреждения. На пожар приходилось 5–8 круговых площадей и на каждый основной класс повреждения – как минимум по 2 ПП. Описания пробных площадей проводили в соответствии с карточкой, разработанной в ИЛ СО РАН и дополненной нами. Согласно принятой методике на участках, характеризующихся значительной степенью нарушенности, на каждой пробной площади выполняли следующие виды работ.

При перече́те учитывали все деревья диаметром на высоте 1,3 м, большим или равным 4 см. Определяли диаметр, высоту, породу дерева, максимальную высоту нагара, минимальную высоту нагара, долю усохшей кроны в результате воздействия низовых пожаров (%), процент повреждения кроны (при верховом или сильном низовом пожаре). Дерево включалось в пере́чёт, если центр его ствола находился в пределах границы пробной площади. На гарях, в случае полной или практически полной гибели и вывала древостоев, пере́чет для сухостоя и валежника проводили отдельно. При учёте валежника устанавливали его состояние (горевший или негоревший; свежий, полуразложившийся или разложившийся), определяли, когда дерево вывалилось: до или после пожара.

Оценивали среднюю глубину прогорания напочвенных горючих материалов (опад, подстилка, мхи, лишайники) и отмечали степень выгорания каждого вида горючего. Глубину прогорания оценивали визуально путём осмотра шейки корней и оценки степени разрушения оставшейся после пожара подстилки с последующим сравнением этих данных с ситуацией, типичной для такого же негоревшего участка. Отмечали диаметр упавших крупных древесных материалов на участке.

На выделах с мелкими деревьями (большинство деревьев диаметром <10 см) для их учета закладывали площадки размером 20×20 м, определяли максимальный и минимальный диаметр и среднюю высоту.

Описание пробных площадей, учет подроста, описание субстрата и живого напочвенного покрова проводили в соответствии с методикой, разработанной для малонарушенных территорий и приведенной ниже.

Для обследования малонарушенных территорий использовали типичный выборочный метод наблюдения. С этой целью пробные площади закладывали во всех представленных в регионе типах леса с обязательным учетом почвенно-грунтовых условий и рельефа. Выбор участков для закладки пробных площадей осуществлялся в насаждениях, пройденных пожарами, а также на контрольных, длительно не подвергавшихся воздействию огня, участках. При этом старались охватить все возрастные категории древостоев (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные). Кроме того, исследовали воздействие огня на разновозрастные древостои, преобладающие в условиях Сибири.

Закладку и лесотипологическое описание пробных площадей, а также таксацию древостоев проводили в соответствии с общепринятыми методиками В.Н. Сукачева, С.В. Зонна [344], камеральную обработку данных – по методикам, описанным Н.П. Анучиным [11].

Основная форма пробных площадей при лесоводственно-таксационной оценке насаждений – прямоугольная. Место закладки пробной площади выбирали в части участка, однородного по всем таксационным показателям и условиям местопроизрастания, не ближе 30 м от участка другой категории.

Размер пробной площади определялся необходимостью наличия на ней не менее 200 деревьев основного элемента леса.

Пробные площади и данные их привязки к квартальной сети (или четко опознаваемым в натуре ориентирам) наносили на схематический чертеж бланка пробной площади, определяли их географические координаты и высоту над уровнем моря. Затем проводили глазомерное лесоводственно-таксационное и лесопирологическое описание пробной площади, а также указывали характеристики рельефа местности, почвенно-грунтовых условий, описывали все компоненты леса.

Число лет со времени пожара и межпожарные интервалы устанавливали по выпилам из стволов с пожарными подсушинами и по пням спелых усохших деревьев. Давность пожара уточняли по возрасту и состоянию подроста.

Вид, форму и силу пожара устанавливали по состоянию древостоя, в том числе степени повреждения и усыхания кроны, высоте нагара на стволах, прогорания корки (коры) и корневых лап, а также степени прогорания напочвенного покрова, старых пней и валежника.

Низовым пожаром слабой силы считали пожар, образовавший нагар высотой до 1,0 м, средним – от 1,1 до 2,0 м и сильным – более 2,0 м. Указанные значения высоты нагара и соответствующая им сила пожара приняты нами на основании классификации пожаров по силе С.М. Вонского, Н.П. Курбатского [69, 168], данных Г.А. Амосова [9], М.А. Софронова [318], М.А. Шешукова [499], П.М. Матвеева [193].

Силу устойчивых низовых пожаров определяли в соответствии с Инструкцией по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами, утвержденной Федеральной службой лесного хозяйства России [127].

В сложных и смешанных древостоях пересчет деревьев проводили отдельно по породам и ярусам. В чистых древостоях, не поврежденных пожаром или полностью усохших вследствие пожара, пересчет осуществляли по ступеням толщины с подразделением по категориям состояния: живые, сомнительные, сухостойные, валежник. К живым относили деревья со степенью усыхания кроны менее 25%, к сомнительным – от 25 до 75%, к усохшим – более 75% [317]. Величину ступени толщины устанавливали в зависимости от среднего диаметра элемента леса: при среднем диаметре до 6 см – 1 см, от 6,1 до 16 см – 2, выше 16 – 4 см.

В древостоях с неоднородной степенью повреждения пересчет проводили без разделения по ступеням толщины подеревно с указанием степени усыхания или повреждения огнем кроны (%) каждого дерева. Отмечали наличие у деревьев пожарных подсушин и выгаров, каких-либо механических повреждений или заболеваний.

Отдельно учитывали захламленность путем пересчета вывалившихся деревьев и оценки запасов крупных порубочных остатков. Валежник подразделяли на допожарный и послепожарный, приземленный и полу-приземленный, отмечали степень его разложения.

Единичные деревья, не образующие ярус или поколение, включали в пересчет, но не принимали в расчет при вычислении средних диаметров и высот соответствующих поколений леса, а также полноты яруса. Их запас учитывали отдельно.

Для определения средней высоты древостоя обмеряли высоты у 3–5 деревьев каждой ступени толщины, выбранных по диагонали пробной площади. Среднюю высоту породы с долей участия в составе не менее 0,1 вычисляли как средневзвешенное значение через сумму площадей поперечного сечения (по формуле Лорея), а с долей участия менее 0,1 коэффициента состава – глазомерно.

Возраст основного элемента леса определяли путем подсчета числа годовых слоев на кернах, взятых с помощью возрастного бурава у шейки корня или на пнях у 3–5 срубленных деревьев. Возраст остальных элементов леса устанавливали глазомерно, при необходимости – на 1–3 срубленных модельных деревьях или при помощи возрастного бурава.

На пробных площадях описание и учет подроста и самосева проводили на учетных площадках, при этом подсчитывали количество сохранившегося и послепожарного подроста в соответствии с рекомендациями А.И. Бузыкина и А.В. Побединского [28]. Для учета и характеристики подроста и подлеска в пределах пробной площади закладывали не менее 10 учетных площадок (составляющих около 0,25–2,0% ее площади) квадратной формы размером 2×2 м или 1×1 м (при густом размещении). При равномерном размещении подроста площадки закладывали по территории единообразно. На пробных площадях, где имелись куртины подроста, определяли процент площади, занятой куртинами или группами; учет подроста проводили отдельно для каждой категории размещения. Количество подроста в среднем на 1 га определяли с учетом площадей, занятых куртинами, и площадей с равномерно размещенным подростом. Подрост учитывали по 5-ти высотным группам: до 0,10 м; 0,11–0,25 м; 0,26–0,50 м; 0,51–2,0 м; более 2,0 м. По состоянию его подразделяли на благонадежный, сомнительный и усохший. К благонадежным относили экземпляры, у которых за последние 2–3 года прирост осевого побега превышал прирост соседних боковых побегов, с зеленым цветом хвои (листьев), без механических повреждений, не имеющих фитозаболеваний и не поврежденных энтомофагами. Для каждой группы высот путем подсчета числа годовых слоев или мутовок у 5-ти средних экземпляров определяли средний возраст подроста. Отмечали приуроченность подроста к элементам микро- и нанорельефа, к степени прогорания напочвенного покрова, видовому составу живого напочвенного покрова, сомкнутости полога или другим лесорастительным особенностям.

На площадках проводили пересчет подлеска по видам, определяли среднюю высоту и густоту.

Травяной и моховой покров характеризовали в целом для пробной площади с указанием видового состава, степени покрытия (в %), ярусности, высоты каждого яруса, доли участия каждого вида, синузильности и приуроченности видов к элементам рельефа, степени прогорания напочвенного покрова и повреждения древостоев и других необходимых данных. Описывали характер задернения и наличия травяной ветоши, степень ее приземленности.

На каждой учетной площадке, служащей для учета подроста, также проводили описание живого напочвенного покрова. При характеристике травяно-кустарничкового яруса определяли видовой состав, степень общего проективного покрытия и покрытия отдельными видами по шкале Друде.

В целом на пробной площади и на учетных площадках характеризовали опад и подстилку, их мощность, состав, состояние, сложение, степень и характер прогорания, тип подстилки и др.

Для определения массы травостоя, опада и подстилки на пробных площадях отбирали площадки 0,33×0,33 м, на них послойно снимали напочвенный покров (при этом старались охватить все многообразие растительного покрова), образцы упаковывали в пакеты, а затем в лабораторных условиях определяли абсолютно сухой вес каждого образца [322]. При наличии большого запаса мелкого древесного опада и (или) шишек брали образец.

Данные по напочвенному покрову необходимы для оценки влияния видового состава, степени покрытия живого напочвенного покрова и характеристик субстрата на количественные и качественные характеристики подроста.

Почвенные условия изучали путем закладки разрезов и описания их морфологических признаков, по которым устанавливали классификационную принадлежность почв; для проведения лабораторных анализов брали образцы почв по горизонтам [260].

При обработке результатов полевых исследований пробные площади группировали по почвенно-грунтовым условиям, категориям и типам участков (типам леса, гарей, вырубок и т.д.), возрасту древостоев, виду, форме и силе пожаров и степени послепожарных повреждений (% послепожарного отпада и вывала древостоев).

В целом вышеизложенные методические разработки позволили обеспечить объективное решение программных вопросов при изучении избранных объектов в регионе исследований.

2.3. Описание объектов исследования

Территория Нижнеангарского таежного района вызывает первоочередной интерес в связи с тем, что здесь, несмотря на интенсивную заготовку древесины в течение длительного периода, все еще сосредоточены основные массивы эксплуатационных лесов Красноярского края. Климатические и лесорастительные условия лесного района обуславливают высокую пожарную опасность, а изменение климатических условий, возрастание доли не занятых лесными насаждениями земель и антропогенной нагрузки приводят к увеличению длительности пожароопасных сезонов, росту частоты пожаров и горимости лесов. В этих условиях состояние отдельных компонентов природных комплексов региона становится нестабильным.

Для формирования аналитической базы данных на территории Нижнего Приангарья в 2002–2007 гг. проводили наземные обследования, в результате которых была подготовлена подробная лесотаксационная и лесопирологическая информация о ключевых участках, охватывающих всё многообразие лесорастительных условий региона. Было заложено

115 пробных площадей, причем большинство участков были пройдены огнем в 1996, 2003 и 2006 гг., а часть участков еще и повторно (рис. 2.2).

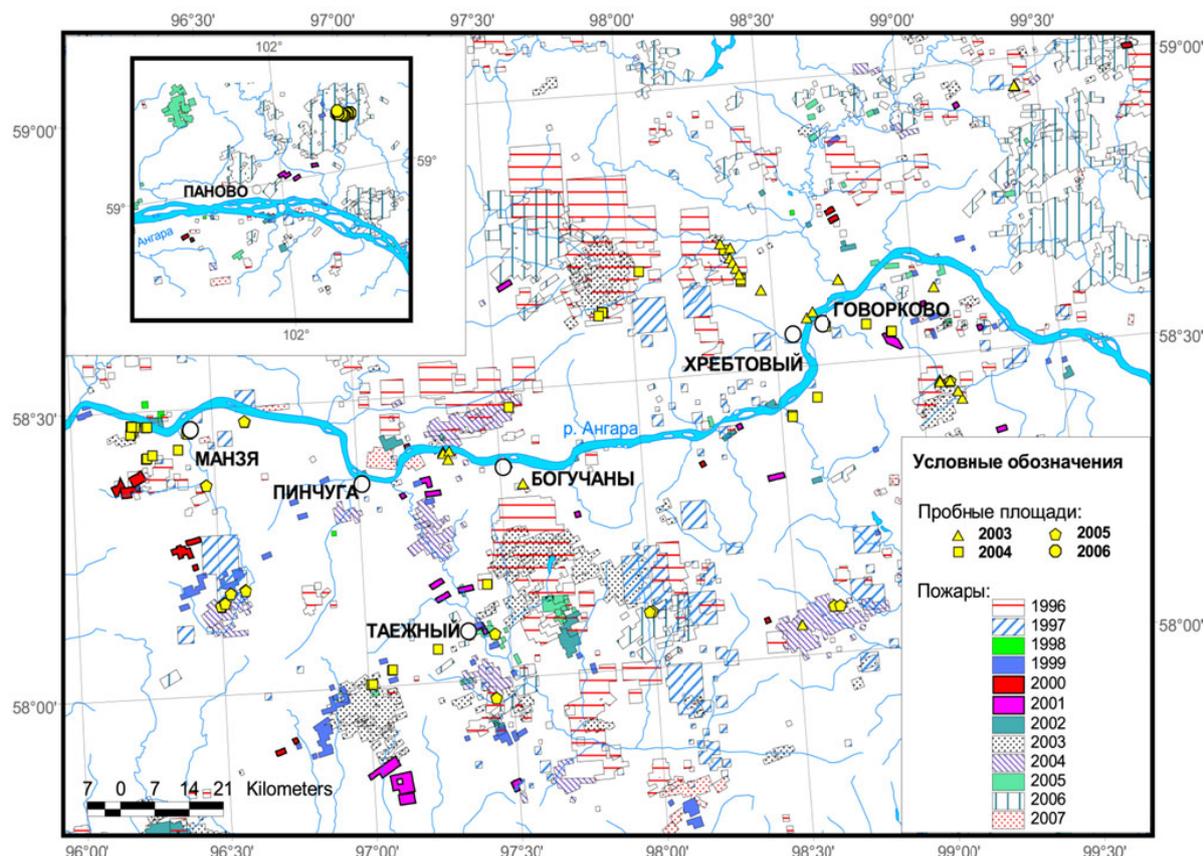


Рис. 2.2. Размещение пробных площадей в Нижнем Приангарье

Исследования проводили в центральной части Нижнего Приангарья на пробных площадях и участках (точках), полноценно представляющих Нижнеангарский таежный район. В основном наблюдения осуществляли в светлохвойных насаждениях преобладающих групп типов леса – зеленомошной, разнотравной и лишайниковой. Часть пробных площадей заложена в крупнотравной, долгомошной и сфагновой группах типов леса.

Значительная доля земель лесного фонда региона приходится на нарушенные лесные экосистемы. Увеличение площади нарушенных участков лесных земель ведет к возрастанию класса природной пожарной опасности и, как следствие, росту частоты пожаров и горимости лесов, а значительная захламленность таких территорий – к усугублению отрицательных последствий огневого воздействия. В регионе значительные площади представлены горями по вырубкам и горями по горям, причем повторяемость пожаров на таких участках может составлять 1–2 года (рис. 2.3). В связи с этим часть исследованных площадей приходилась именно на такие участки.

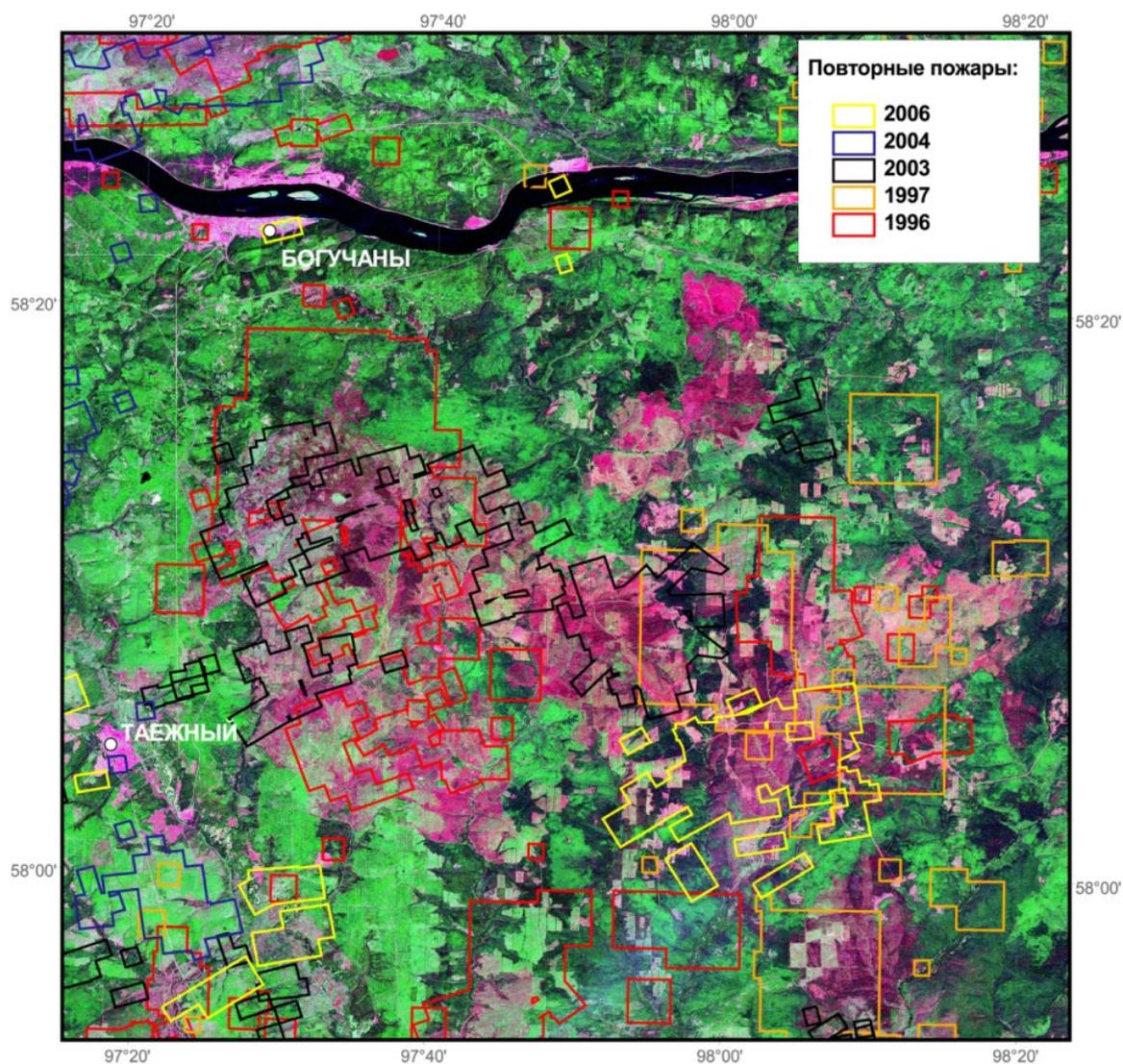


Рис. 2.3. Пример повторных пожаров на гарях Нижнего Приангарья

Как указывалось исследователями, в Сибири не существует светлохвойных лесов, не подверженных влиянию огня в процессе формирования, сукцессий пород и поколений, редко встречаются спелые и перестойные насаждения, поколения которых не испытали бы на протяжении своей жизни воздействия огня [31]. В связи с этим контрольными служили участки насаждений, длительное время не подвергавшиеся воздействию огня. Кроме того, использовались материалы кафедры лесоводства СибГУ, собранные на территории Нижнего Приангарья в 1986 г. Для сравнения брали данные собственных исследований, проведенных в горнотаежных лесах Западного Саяна, Шушенских и Алтайских степных борах, а также насаждениях Среднесибирского подтаежно-лесостепного района.

3. ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ДРЕВОСТОИ

3.1. Влияние пожаров на отпад в древостоях

Исследователи, занимающиеся изучением последствий воздействия пожаров на древостои, отмечают, что на характер и степень их повреждения влияет ряд неравнозначных по своему значению факторов. К их числу относятся: вид и интенсивность пожара, тип леса, породный состав насаждения, его возраст и полнота, густота стояния, крутизна склона, лесопирологические характеристики, степень пожарной опасности по условиям погоды и т.д. [53, 98, 101, 103, 121, 123, 129, 158, 193, 195, 208, 211, 217, 281, 316, 321, 369, 375, 382, 384, 394].

Величина отпада (степень повреждения древостоя) определяется сочетанием факторов, обуславливающих, с одной стороны, интенсивность пожара (запас лесных горючих материалов, длительность бездождевого периода, температура и влажность воздуха, скорость ветра и т.д.), а с другой – пожароустойчивость древостоя [52, 61].

Кроме того, по мнению Е.С. Арцыбашева [17], пожароустойчивость насаждения зависит от временного интервала между циклически повторяющимися низовыми пожарами. Чем этот интервал меньше, тем выше пожароустойчивость насаждения и, следовательно, ниже вероятность перехода низового огня в верховой.

А.В. Побединский [252] писал, что во время пожаров из-за неоднородности условий (степени изреженности древостоя, рельефа, влажности живого напочвенного покрова, наличия сухостоя, валежника и т.д.) на одних участках древостой погибает, на других его рост задерживается, а на третьих он не подвергается воздействию огня. Так, по данным А.А. Молчанова [217], в сосняках с запасом валежника $80 \text{ м}^3/\text{га}$ послепожарный отпад в древостоях в 4 раза больше, чем при захламленности $20 \text{ м}^3/\text{га}$.

М.Д. Евдокименко [105] указывает на то, что в сосняках и в лиственничниках бассейна озера Байкал существует прямая зависимость размеров отпада от интенсивности пожаров. С повышением последней увеличивается как общее количество отпавших деревьев, так и диапазон их толщины.

По мнению М.А. Шешукова [397–399], степень повреждения древостоя определяется видом и интенсивностью лесного пожара, средним диаметром древостоя и его породным составом.

О том, что пожароустойчивость древесных пород, а также насаждений одной породы, относящихся к разным типам леса, во многом определяет последствия пожаров в древостоях, писал и М.А. Софронов [316].

При пожарах высокой интенсивности могут погибнуть практически любое дерево и древостой в целом, независимо от породного состава и возраста. Однако наиболее распространены пожары, вызывающие толь-

ко частичную гибель древостоя, и в таких случаях проявляется неодинаковое влияние различных факторов на степень повреждения древесных пород, а также четко прослеживаются значительные их биологические различия в отношении к воздействию огня [399].

Э.Н. Валендик с соавт. [53] указывали, что от продолжительного интенсивного пожара может погибнуть дерево любой породы. В этом случае различия в огнестойкости между отдельными породами являются несущественными. При пожарах меньшей интенсивности, когда погибает только часть древостоя, различия между деревьями по огнестойкости и чувствительности к повреждениям становятся очень важными как для борьбы со стихийными пожарами, так и при использовании огня для ухода за лесом [53].

Воздействие высоких температур пожара на живые ткани ствола может иметь различные последствия для жизнедеятельности дерева. При устойчивом низовом пожаре гибель дерева может происходить от кольцевого ожога камбия комлевой части ствола. Полосные ожоги ослабляют дерево, но не приводят к его гибели [42, 208, 281]. По данным Г.И. Гирс [78], устойчивость дерева к огню находится в обратной зависимости от площади повреждения флоэмы ствола. Автор указывает, что достаточно толстая, особенно в комлевой части ствола, кора хвойных при пожарах играет важную защитную роль [79]. Однако камбий и флоэма очень чувствительны к повышению температуры. Отмирание клеток начинается при температуре, едва превышающей 50 °С. После частичного повреждения камбиальных тканей на травмированной части ствола образуется пожарная подсушина, но дерево сохраняет жизнеспособность. При более значительном по интенсивности огневом воздействии происходит кольцевая (полная) гибель камбия и последующее отмирание дерева.

Прежде всего деревья погибают от повышения температуры живых клеток в критических зонах дерева (крона, ствол, корни) до летального уровня. При этом флоэма и камбий ствола повреждаются первыми, так как они находятся ближе всего к внешней стороне дерева [79].

В зависимости от степени повреждения древостоя и его состава процессы отпада имеют различную длительность [62].

Указывается и на то, что ущерб, наносимый лесными пожарами, выражается не только в гибели деревьев непосредственно от повреждения пожаром, но и в ослаблении деревьев, что дает толчок массовому развитию стволовых вредителей, приводя к полной гибели древостоев [128–133].

По вопросу пожароустойчивости пород опубликовано много литературы. Все авторы отмечают наибольшую устойчивость к огню светлых пород [19, 193, 208, 215, 281, 328, 361].

По мнению С.Н. Санникова [281], успешное выживание взрослых особей сосны после сильных низовых пожаров обусловлено многими морфологическими и физиологическими особенностями деревьев.

К их числу, по мнению автора, относятся:

1. Относительно раннее и быстрое развитие толстой корки, покрывающей нижнюю часть ствола.
2. Быстрый рост деревьев в высоту в молодом возрасте (до 30–35 лет), рано начинающееся и с возрастом прогрессирующее очищение ствола от нижних сучьев.
3. Сравнительно заглубленная корневая система.
4. Обильное смолыделение на поверхности огневых травм ствола и корневых лап, препятствующее грибной инфекции.
5. Способность к заживлению пожарных ран и длительному сохранению жизнедеятельности, даже при очень сильных огневых ранениях.

В отношении пожароустойчивости популяций сосны он отмечает возможность непрерывного самовоспроизведения и длительного устойчивого ее существования в условиях постоянного воздействия циклических пожаров. Одна из причин этого – биогеоценотическая мозаичность лесных урочищ, связанная с колебаниями рельефа [284].

Поскольку отпад растительности растягивается до 7 лет, правильная его оценка на свежих горях и пожарищах возможна только при прогнозировании возможного отпада.

Т.А. Работнов [266] указывал, что в разных местообитаниях растения ведут себя неодинаково. В тех или иных частях ареала, а также в разные периоды онтогенеза растения проявляют различные стратегические качества, которые могут переходить одно в другое. Он указывал на прямую связь между типом стратегии и устойчивостью растений к неблагоприятным факторам.

В связи с этим исследования по воздействию пожаров на древостой необходимо проводить на зонально-географической основе.

3.2. Территориальные особенности влияния пожаров на хвойные насаждения

При оценке влияния пожаров на хвойные насаждения пробные участки были сгруппированы по степени богатства и увлажненности почв и по группам типов леса, поскольку характеристики пожаров, а также их последствия в значительной степени определяются и принадлежностью насаждений к специфическим условиям местопроизрастания. Статистические данные по влиянию пожаров на состояние древостоев в различных типах условий местопроизрастания Нижнеангарского таежного района в зависимости от возраста древостоев, формы и силы пожаров приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Отпад в древостоях по запасу в различных типах условий местопроизрастания (ТУМ) в зависимости от формы и силы пожара

ТУМ		A ₀ , A ₁		B ₁		B ₂ , B ₃ , C ₂ , C ₃			B ₄ , B ₅ , C ₄ , C ₅		
Почвы		Песчаные очень сухие и сухие		Супесчаные сухие		Супесчаные и суглинистые свежие и влажные			Суглинистые сырые и мокрые		
Группа возраста древостоев		средне-возрастные	спелые	средне-возрастные	спелые	средне-возрастные	спелые	перестойные	средне-возрастные	спелые	перестойные
Отпад по запасу, % (верхняя строка – беглые пожары, нижняя строка – устойчивые пожары)											
Сила пожара	Слабый	45±1,3	3±0,4	25±1,5	8±0,9	19±1,2	13±0,7	17±2,4	**		
		*					66±0,9	30±2,0	35±4,2	88±7,2	33±4,2
	Средний	67±2,4	5±0,6	44±2,7	19±2,1	62±5,4	30±3,1	35±3,8	**		
		*					86±2,6	71±6,4	86±0,7	96±3,7	73±3,7
	Сильный	100	75±6,9	87±8,3	42±3,3	100	72±3,5	79±7,2	**		
		*					100	73±1,9	96±1,5	100	100

*Пожары не переходят в устойчивую форму из-за незначительного количества напочвенного горючего материала.

**Пожары распространяются при высоких классах пожарной опасности по условиям погоды и, как правило, имеют устойчивую форму.

В целом результаты исследований свидетельствуют о том, что степень повреждения древостоев после пожаров возрастает с увеличением богатства и увлажненности почв. Данная закономерность связана с нарастанием запасов горючих материалов и, соответственно, усилением интенсивности горения, с более длительным воздействием огня.

Во всех группах типов леса с увеличением силы пожара величина отпада закономерно возрастает.

Послепожарный отпад в древостоях после устойчивых низовых пожаров обычно существенно больше, чем при воздействии беглых пожаров. Это обусловлено тем, что низовые пожары беглой формы характеризуются распространением огня по верхнему слою напочвенных горючих материалов. Время воздействия огня на точечный участок при беглом низовом пожаре непродолжительно. Низовые пожары беглой формы более характерны для весеннего периода пожароопасного сезона, когда подстилка еще не просохла, а в летний период они развиваются в насаждениях (или на нарушенных участках лесных земель), имеющих небольшой запас напочвенных горючих материалов. Такие насаждения чаще приурочены к бедным сухим песчаным почвам. Слой горючих материалов здесь, как правило, отличается незначительной мощностью, небольшим запасом и рыхлой структурой, поэтому горение происходит в пламенном режиме и непродолжительно. При развитии устойчивых низовых пожаров, более характерных для летнего периода, огонь заглубляется в уже просохшую подстилку, увеличивается резидентное время воздействия огня и, соответственно, возрастает степень повреждения древостоев. Устойчивые низовые пожары могут развиваться только в насаждениях с достаточно мощной подстилкой.

Во всех типах условий местопроизрастания наибольшей устойчивостью к пожарам характеризуются спелые древостои. Такая закономерность ранее была отмечена многими авторами [98, 316]. При этом, по нашим наблюдениям, светлохвойные древостои не снижают своей пожароустойчивости до 200-летнего возраста. Так, по мнению Б.Н. Тихомирова [353], в Средней Сибири и Забайкалье сосна растет значительно дольше, чем в других районах. У деревьев 300-летнего возраста часто наблюдается прирост не только по диаметру, но и в высоту. Молодняки и средневозрастные древостои повреждаются в наибольшей степени (см. табл. 3.1).

Перестойные древостои также характеризуются меньшей устойчивостью к воздействию огня по сравнению со спелыми насаждениями. Это связано с ослаблением деревьев с возрастом, неоднократным воздействием пожаров, развитием гнилей, заселением энтомофитов.

Данные закономерности подтверждает и анализ материалов, собранных в Нижнем Приангарье в рамках хоздоговорной темы № 341166 под руководством П.М. Матвеева (рис. 3.1).

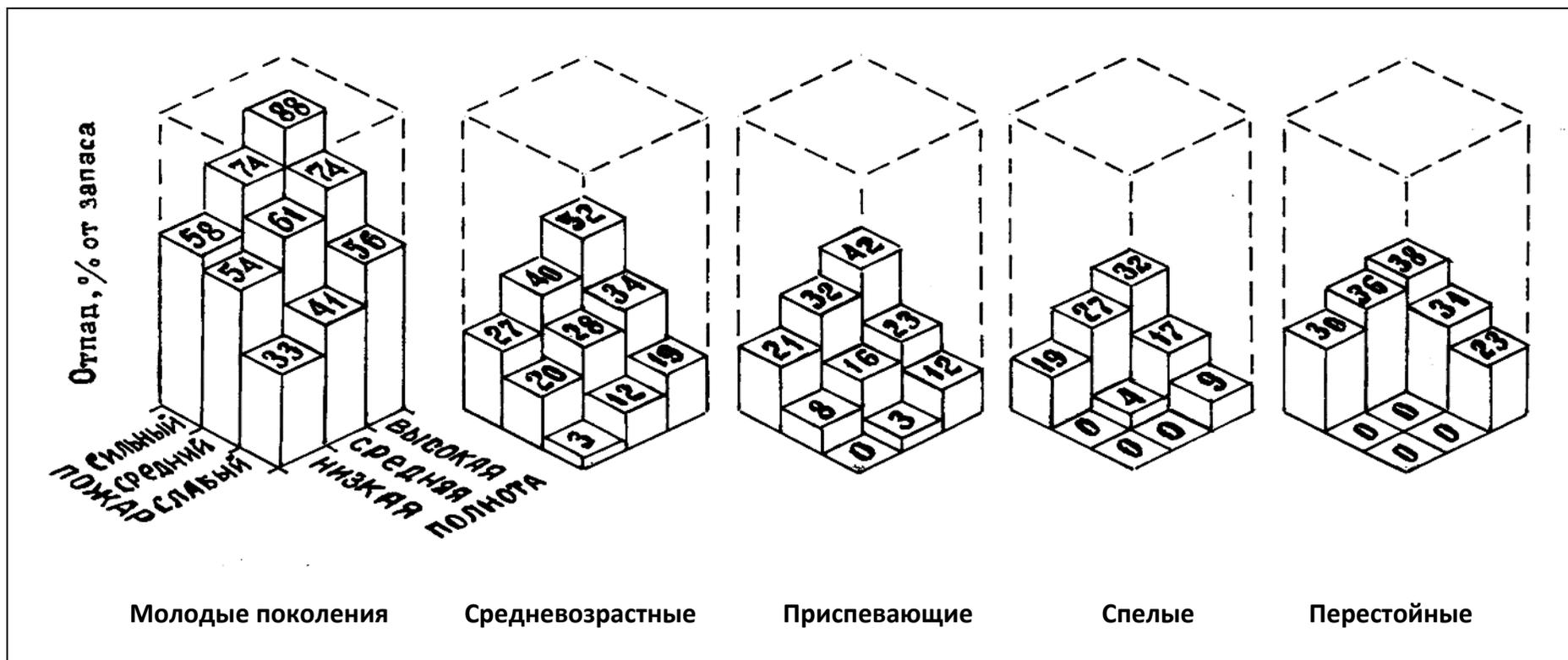


Рис. 3.1. Послепожарный отпад в поколениях разновозрастных сосняков в зависимости от силы низовых пожаров и полноты древостоев, % запаса (по материалам кафедры лесоводства СибГТУ)

Проведенные исследования позволили определить характер послепожарного отпада в разновозрастных сосновых древостоях в зависимости от силы пожара, полноты и возраста древостоев. Установлено, что отпад закономерно возрастает с увеличением силы пожаров, при этом спелые древостои оказались наиболее устойчивыми к воздействию пожаров. Молодые, средневозрастные и перестойные древостои повреждаются в большей степени. В древостоях одной группы возраста после воздействия пожаров одинаковой силы отпад увеличивается с повышением полноты древостоев. Однако следует отметить, что в высокополнотных древостоях сильные низовые пожары возникают реже.

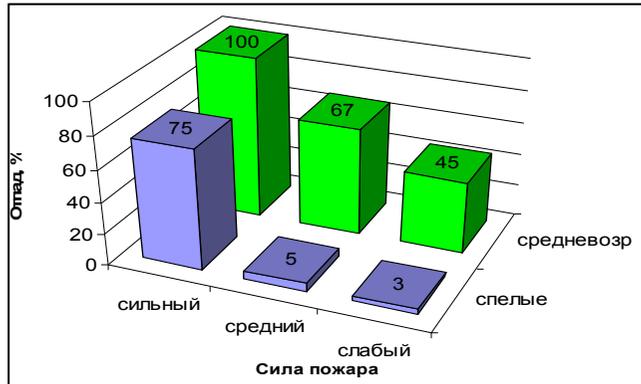
Полевые исследования подтвердили, что в высокополнотных древостоях сила низового пожара снижается зачастую до слабой или такие древостои не горят вообще. Как правило, большой густотой характеризуются жердняки, средневозрастные и приспевающие насаждения. Меньшая пожарная опасность и горимость густых смешанных древостоев связана с затененностью напочвенного покрова, более высокой его влажностью и поздним просыханием, что согласуется с данными А.В. Волокитиной и М.А. Софронова [68]. Кроме того, в связи с недостатком света, живой напочвенный покров в таких насаждениях слабо развит и запас рыхлого горючего материала, как правило, невелик. Данные факторы в совокупности и обуславливают снижение интенсивности пожаров.

Далее приведена оценка влияния пожаров на древостои в зависимости от типа условий местопроизрастания (богатства и влажности почвы), группы типов леса.

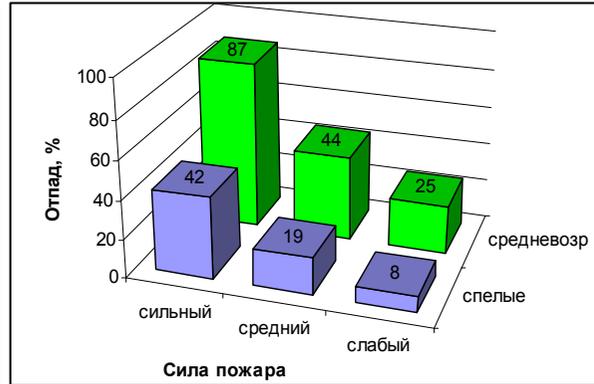
Типы условий местопроизрастания A_0, A_1 – почвы песчаные очень сухие и сухие. В боровых экотопах на сухих песчаных почвах произрастают сосняки лишайниковые и мертвопокровные IV–V классов бонитета. Таким насаждениям свойственна высокая пожарная опасность и частая повторяемость пожаров. Пожары могут возникать в течение всего пожароопасного сезона, но из-за небольшого запаса напочвенных горючих материалов они имеют беглую форму. Беглые пожары чаще характеризуются умеренной силой и даже при частой повторяемости не наносят значительного вреда древостоям (см. табл. 3.1, рис. 3.2).

В насаждениях, приуроченных к данным условиям местопроизрастания, после низовых пожаров слабой и средней силы процент отпада в спелых древостоях составляет в среднем 5% запаса, а после сильных низовых пожаров – 75% (см. табл. 3.1). Например, в сосняке мертвопокровном после слабого низового пожара отпад древостоя по запасу составил 8%, а после низового пожара от средней до сильной интенсивности превысил 42%. В случае возникновения пожаров в сосновых молодняках и средневозрастных насаждениях процент отпада значителен – до 67% после пожаров средней силы и 100% после сильных пожаров.

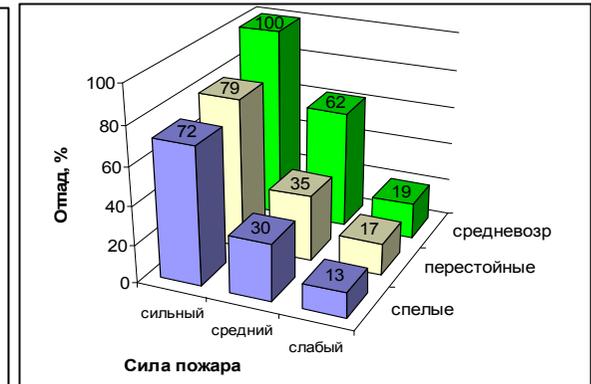
Беглые пожары



Песчаные сухие почвы

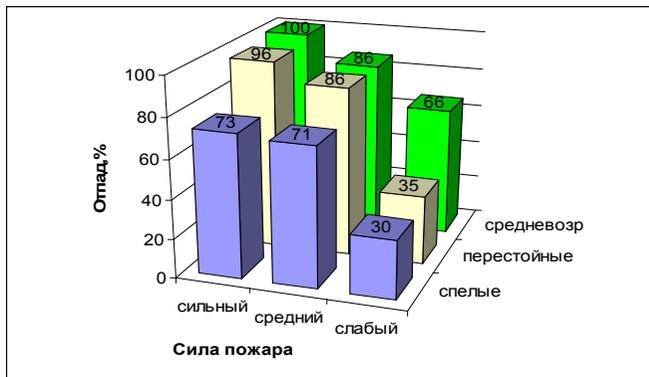


Супесчаные сухие почвы



Свежие суглинистые почвы

Устойчивые пожары



Свежие суглинистые почвы



Тяжелые суглинистые почвы сырые и мокрые

Рис. 3.2. Отпад по запасу в древостоях в зависимости от условий местопроизрастания, возраста древостоя и характеристик пожара

Гибель деревьев после воздействия беглых пожаров происходит, прежде всего, в результате усыхания или повреждения крон. Так, Э.Н. Валендиком с соавт. установлено, что повреждение конвективным потоком пожара крон хвойных деревьев до полного отмирания происходит не только при верховых, но и после сильных низовых пожаров, когда отмирают вегетативные органы дерева (почки). При этом почки погибают при температуре конвективного потока в кроне 60 °С не более чем за 150 секунд [53].

Тип условий местопроизрастания В₁ – почвы супесчаные сухие.

В сосняках брусничниковых и сухотравных пожары, как правило, также характеризуются беглой формой. Степень повреждения деревьев после пожаров слабой и средней силы выше, чем в древостоях на песчаных почвах, вероятно, из-за большего запаса напочвенных горючих материалов и, в результате этого, более длительного воздействия огня. Так, в спелых древостоях, пройденных пожарами средней силы, отпад составляет около 19% запаса. Однако после сильных низовых пожаров степень повреждения древостоев меньше, чем в условиях произрастания А₀, А₁. Это можно объяснить более высоким классом бонитета, большей полнотой и, как следствие, большей высотой прикрепления кроны, что способствует меньшей степени ее повреждения в результате пожара.

Г.А. Иванова [119] установила, что в сосняках лишайниковых на песчаных и супесчаных почвах средний межпожарный интервал короче более чем в 2 раза по сравнению с сосняками бруснично-разнотравными и зеленомошными. По результатам наших наблюдений, такая же закономерность характерна и для других типов леса, расположенных в сухих условиях. В связи с высокой частотой пожаров, характерной для данных насаждений, в спелых и перестойных древостоях на большинстве деревьев имеются следы неоднократных пожаров – пожарные подсушины и засмоления (рис. 3.3). Со временем это приводит к ослаблению деревьев и ухудшению состояния данных древостоев.

Следует отметить, что корневые системы деревьев в сухих условиях местопроизрастания повреждаются незначительно. Это обусловлено не только непродолжительным воздействием огня, вследствие небольшого запаса напочвенных горючих материалов, но и тем, что у деревьев на песчаных и супесчаных сухих почвах кроме поверхностных корневых лап развиты и якорные корни (рис. 3.4).

Типы условий местопроизрастания В₂, В₃, С₂, С₃ – почвы супесчаные и суглинистые свежие и влажные. В данных условиях произрастают зеленомошная и травяная группы типов леса. Древостои, как правило, смешанные, с преобладанием светлохвойных пород, характеризуются более высокими классами бонитета (II–IV). Поэтому основные площади вырубок и, как следствие, гарей приходятся на эти лесораститель-

тельные условия и в освоенных регионах им свойственна наибольшая степень нарушенности. Насаждения преобладающей в регионе зеленомошной группы типов леса приурочены к пологим элементам рельефа со свежими и влажными суглинистыми почвами. Разнотравные типы леса в регионе обычно являются производными от моховых (чаще зеленомошных) после воздействия пожаров или рубок.

Последствия пожаров в зеленомошных и разнотравных типах леса наиболее многовариантны из-за их широкого экологического ареала. Состояние древостоев после воздействия низовых пожаров в данных лесорастительных условиях зависит от силы пожара и его формы, которая определяет время воздействия огня. Однако последствия беглых низовых пожаров слабой и средней силы более негативны в сравнении с последствиями пожаров такой же силы в сухих условиях местопроизрастания. Такая закономерность связана с большим запасом горючих материалов, свойственным для данных типов леса, и, как следствие, более длительным воздействием огня.



Рис. 3.3. Сосновое насаждение в сухих условиях местопроизрастания



Рис. 3.4. Корневая система деревьев, произрастающих на песчаных и супесчаных сухих почвах

Для весеннего периода характерны беглые низовые пожары, распространяющиеся чаще на открытых участках и в разнотравной группе типов леса. Устойчивые пожары возникают, как правило, в летний период, и их развитие более вероятно в зеленомошной группе типов леса. Степень повреждения древостоев после воздействия устойчивых пожаров значительно превышает отпад в древостоях после прохождения беглых пожаров (см. табл. 3.1).

Более высокая степень повреждения древостоев (до полной гибели) после воздействия сильных устойчивых пожаров и устойчивых пожаров средней силы связана с тем, что при заглублинии огня в подстилку повреждается поверхностная корневая система деревьев. В данных лесорастительных условиях у деревьев, даже у сосны обыкновенной и лиственницы сибирской, формируется поверхностная корневая система, а стержневой и якорные корни практически отсутствуют (рис. 3.5). Формирование поверхностной корневой системы связано, вероятнее всего, с тем, что, начиная с глубины 25–35 см, в почве имеется очень уплотненный глинистый горизонт, плотность которого, по наблюдениям П.А. Тарасова, достигает $1,6 \text{ г/см}^3$ [349]. Такой горизонт почв малопроницаем для воды и корневых систем растений (рис. 3.6).

Наличие плотного почвенного горизонта является, скорее всего, следствием длительного подзолообразовательного процесса. Плотный иллювиальный горизонт в суглинистых почвах из-за слабой водопроницаемости создает условия для появления верховодки в подзолистом горизонте и формирования поверхностных корневых систем. И.В. Каменецкая с соавт. [137] отмечают, что в сосновых лесах юго-западного Приангарья, где дерново-подзолистые почвы сформировались на опесчаненных суглинках и цементированном щебне, он служит хорошим водоупором.

Горизонт В в данных почвах плотный, а глубина его залегания чаще всего от 30 до 40 см. За счет наличия водоупорного глинистого горизонта и значительного отличия в водопроницаемости верхних почвенных горизонтов (О, АО, Е) и горизонта В при обильных осадках или во время снеготаяния возникает временный водоносный горизонт – почвенная верховодка [57, 271]. По рассказам очевидцев, в регионе это более характерно для осеннего периода, а эффект того, что почва «плышет», обуславливает дополнительный вывал деревьев. Кроме того, район исследования относится к зоне распространения островной мерзлоты [107].



Рис. 3.5. Поверхностная корневая система сосны и лиственницы на суглинистых почвах в Приангарье



Рис. 3.6. Уплотненный глинистый горизонт, малопроницаемый для воды и корневых систем растений

Особенности строения корневых систем деревьев в насаждениях обуславливают значительную степень повреждения древостоев после воздействия низовых устойчивых пожаров. Выступающие корневые лапы поверхностных корневых систем удерживают горючий материал у приствольных кругов и приподнимают его. В результате формируется мозаичный живой напочвенный покров, в целом зеленомошный, а в районе приствольных кругов часто мертвопокровный, причем со значительным запасом горючих материалов. Приподнятый слой горючих материалов вблизи дерева просыхает в первую очередь и в большей степени и при прохождении огня прогорает полностью до минерального слоя, в результате чего корневые лапы и луб в комлевой части ствола повреждаются и деревья погибают. Такая закономерность отмечена на многих пробных площадях в регионе и при наблюдении за выжиганиями опытных участков. При исследовании свежих горельников установлено, что огонь в высокополнотных зеленомошных насаждениях распространялся мозаично: напочвенный покров прогорал только в приствольных кругах, а также в тех местах, где находился полусгнивший валежник. На других участках напочвенный покров либо вообще не горел, либо спекался только верхний слой мохового покрова. На следующий год после пожара отпад в таких древостоях незначителен – от 20 до 40% запаса, однако следует ожидать его увеличения. Известно, что в зависимости от степени повреждения древостоя, его состава и района произрастания процессы отпада имеют различную длительность. Так, в слабо- и среднеповрежденных сосняках северо-таежной подзоны тайги процесс отпада, по данным Г.С. Войнова и М.А. Софронова [62], завершался через 5 лет; в средней подзоне, по данным А.А. Молчанова [217], – через 2 года. В сильно поврежденных сосняках процесс отпада длится до 7 лет в северной и до 5 лет в средней подзоне тайги [62]. По рассказам очевидцев, массовая гибель и вывал деревьев на гарях 1996 г. наблюдались в начале 2000-х гг.

После длительных засух (в случае полного просыхания) напочвенный покров прогорает полностью до минерального слоя, увеличивается резидентное время воздействия огня, корневые системы повреждаются и деревья погибают. Устойчивые пожары в данных лесорастительных условиях Нижнего Приангарья в зеленомошной группе типов леса, где мощность мохового слоя совместно с подстилкой может превышать 20–30 см, можно отнести к подстилочно-гумусовым [207]. По мнению Э.Н. Валендика с соавт. [53], подстилочно-гумусовые пожары наиболее губительны для насаждений, так как поражают корневую систему всей растительности: и древесной, и кустарниковой. Несмотря на то что эти пожары по высоте пламени и скорости распространения можно отнести к слабым низовым пожарам и они не повреждают кроны, тем не менее, повреждение корней и луба в прикомлевой части приводит к гибели деревьев и хвойных, и лиственных пород,

независимо от их возраста. Длительность пламенного горения в зависимости от влагосодержания опада и мха колеблется от 0,5 до 1,5 мин, а беспламенное горение может продолжаться несколько десятков минут; за это время в камбиальной зоне температура достигает летального значения [53]. Значительная степень повреждения древостоев в данном случае обусловлена не только прогоранием и повреждением корневых лап, но и ослаблением деревьев и их гибелью из-за нарушения нисходящего тока питательных веществ к корневым системам, а также вследствие возможного заселения ослабленных деревьев стволовыми вредителями.

Характерной особенностью последствий устойчивых пожаров в моховых типах леса Нижнего Приангарья является то, что вывал деревьев, в том числе сосны и лиственницы, начинается уже в год пожара, а через 3–5 лет после пожара достигает 45% древостоя. Эта закономерность связана, прежде всего, с особенностями строения корневых систем деревьев в данных условиях и наличием мощного слоя напочвенных горючих материалов. При заглуплении огня в подстилку поверхностные корневые лапы прогорают, а поскольку стержневой и якорные корни отсутствуют, происходит вывал деревьев, в первую очередь – крупных. При этом, по литературным данным, лиственница выпадает через 40, а сосна – через 20 лет [215].

Типы условий местопроизрастания B_4 , B_5 , C_4 , C_5 – почвы суглинистые сырые и мокрые. К почвам с избыточной степенью увлажнения приурочены насаждения зеленомошной, долгомошной и сфагновой групп типов леса с преобладанием в составе древостоев темнохвойных пород – ели сибирской (*Picea obovata*), пихты сибирской (*Abies sibirica*), сосны сибирской (*Pinus sibirica*) – и лиственницы.

В насаждениях, приуроченных к переувлажненным условиям местопроизрастания, пожары возникают обычно в летний период при высоких классах пожарной опасности по условиям погоды и вследствие этого имеют устойчивую форму, поэтому последствия таких пожаров наиболее губительны и отпад в древостоях более значителен, чем в насаждениях других ТУМ, часто до полной гибели древостоев. После низовых пожаров средней и сильной интенсивности отпад составляет более 70% запаса древостоев (см. табл. 3.1, рис. 3.2). Выживают, как правило, единичные лиственницы и куртины темнохвойных пород, приуроченные к понижениям рельефа или произрастающие вблизи ручьев. Из-за низкоопущенных крон темнохвойных пород возможен переход пожаров в верховые и полная гибель древостоев. Участки гарей характеризуются большей степенью захламленности в результате вывала древостоев.

*
* *

Во всех условиях местопроизрастания наиболее уязвимыми к воздействию огня оказываются деревья, имеющие огневые и другие повре-

ждения. Пожарные подсушины, по нашим наблюдениям во время экспериментальных выжиганий (в рамках международного проекта «Пожарный медведь»), могут гореть несколько часов после прохождения огня, интенсивно прогорают карры и засмоленные места. Температура пламени при горении засмоленных пожарных подсушин достигает 900 °С и более.

Диаметры деревьев различных категорий состояния по породам для части пробных площадей приведены в табл. 3.2. Средний диаметр свежего валежника на многих пробных площадях превышает 30 см, а на некоторых достигает 64 см. Вследствие этого пожарищам и гарям региона свойственна большая степень захламленности (до 130 т/га крупного валежника), что увеличивает пожарную опасность, а при последующих пожарах усугубляет их негативные последствия. В связи с большим запасом мертвой древесины такие гари длительное время прослеживаются по данным космического мониторинга.

При этом в последнее время наблюдается значительный рост послепожарного отпада по сравнению, например, с отпадом в конце XX в. Так, по материалам исследований кафедры лесоводства СибГТУ 1986 г., проведенным в Нижнем Приангарье, послепожарный отпад в спелых и перестойных древостоях сосны не превышал 32–56% запаса, даже после сильных низовых пожаров (см. рис. 3.1). В настоящее время отпад в наиболее устойчивых к пожарам спелых древостоях после сильных беглых пожаров составляет от 42 до 72%, а после сильных устойчивых пожаров – от 73 до 100%. Такое увеличение послепожарного отпада в последние десятилетия скорее всего можно объяснить потеплением климата и усилением засух [24, 323, 386], а соответственно, лучшим просыханием почвенных горючих материалов, их прогоранием и более значительным повреждением корневых лап. По данным Богучанской, Кодинской и Кежемской метеостанций, засушливые периоды в регионе повторяются один раз в 3–7 лет. Проведенный анализ пожарной опасности по погодным условиям показывает, что в засушливые годы комплексный показатель ПВ-1 летом практически всегда превышает 4,5 тыс. единиц. Пики, когда продолжительность чрезвычайного класса пожарной опасности длится более месяца, последние десятилетия повторяются один раз в 3–4 года.

Таблица 3.2

Средние диаметры деревьев, см, по породам и категориям состояния

№ ПП	Сосна			Лиственница			Ель			Пихта			Береза			Кедр		Осина	
	Категории состояния																		
	Ж	С	В	Ж	С	В	Ж	С	В	Ж	С	В	Ж	С	В	Ж	С	Ж	С
1	0	0	40	40	29	26,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	10,8	5,3	5,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	21,8	18,1	0	24	23	14,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	28,1	21,8	0	23	29,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	15,5	22,6	22,8	45	17	20	0	5,9	7	0	8	7	0	8,7	15	0	0	0	0
8	0	0	0	22,9	10	10,3	16,8	11,4	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	30	28,7	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	18,6	9,8	0	27,7	6,6	0	12	7,6	0	0	0	0	12	13	0	0	0	0	0
11	24,7	15,8	0	0	6,9	0	0	4	0	0	0	0	0	10,7	0	0	0	0	12
12	21,4	13,6	37,6	90	5,6	0	0	6,3	0	0	0	0	0	11,8	0	0	5	0	0
13	0	5,4	0	17,6	12	0	12,8	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
14	17,1	12,1	16,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	21,1	8,5	26,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	18,6	2	0	35,3	2,8	0	4,4	0	0	0	0	0	7,3	0	0	0	0	0	0
17	33,8	30,2	0	41,8	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	6,1	0
18	0	0	0	34,3	39	0	0	19,4	0	0	15	0	0	40	0	0	0	0	0
20	0	0	0	51	52	33	0	24,2	15	0	0	0	0	14	16	0	0	0	0
22	0	0	0	0	39	39,4	19	13,1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
24	0	0	0	0	51	64,2	0	0	0	0	14	16	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. Ж – живые, С – сухостой, В – валежник.

Годы с высокой и чрезвычайной горимостью в регионе совпадают с годами, характеризующимися высокой пожарной опасностью по условиям погоды (1996, 2003, 2006, 2012 гг.). Комплексный показатель пожарной опасности по погодным условиям ПВ-1 в 1996 и 2006 гг. превышал 14 тыс. и даже 16 тыс. единиц, тогда как чрезвычайная пожарная опасность по местной шкале пожарной опасности по условиям погоды начинается с 4,45 тыс. единиц летом и 3,45 тыс. единиц весной (табл. 3.3). Длительность периода с чрезвычайной пожарной опасностью по условиям погоды в эти годы составляла практически 1,5 мес.

Многие исследователи указывают на трансформацию границ мерзлотной зоны из-за климатических изменений [2]. В результате этих процессов в регионе, вероятно, снижается и доля участков лесных земель с мерзлотными почвами.

Таблица 3.3

**Шкала пожарной опасности по погодным условиям,
разработанная для Нижнего Приангарья**

Весенне-летний период (до 1 июля)		Летне-осенний период	
Класс ПО	Показатель ПВ-1	Класс ПО	Показатель ПВ-1
1	До 550	1	До 600
2	551–900	2	601–1 100
3	901–1 800	3	1 101–2 000
4	1 801–3 450	4	2 001–4 450
5	>3 450	5	>4 450

При рассмотрении более мелких территориальных подразделений – групп и куртин деревьев и подроста в насаждениях, приуроченных к разным элементам микро- и нанорельефа, – меньший отпад при прохождении огня наблюдается в группах подроста. Подрост при густом размещении сохраняется за счет меньшего просыхания напочвенных горючих материалов, что является достаточно действенным механизмом сохранения хвойных молодняков в современный период. Так, при прохождении огня экспериментального пожара густая куртина подроста в северо-западной части участка пострадала незначительно из-за достаточно влажного напочвенного покрова, а следовательно, и слабой интенсивности горения. Огонь распространялся лишь по поверхностному слою горючего материала (опада и лишайника), спеклась лишь верхняя часть лишайникового слоя, а подрост сосны в куртине не погиб.

Следовательно, большая густота хвойных молодняков предохраняет их от возникновения пожаров и, в отдельных случаях, от гибели при прохождении огня.

В целом для региона более характерны устойчивые пожары, наносящие значительный ущерб древостоям. Это обусловлено преобладанием моховых групп типов леса, характеризующихся высокой пожарной опасностью в летний период. Моховые группы типов леса приурочены к

наиболее удаленным районам, и значительная доля пожаров в данных условиях возникает от гроз. Чаще такие пожары происходят летом, поскольку повышенная грозовая активность (до 50% всех гроз) на территории Нижнего Приангарья наблюдается в июле [117].

Распространение весенних беглых пожаров более характерно для травяных групп типов леса (разнотравной, крупнотравной, папоротниковой) и нарушенных лесонепокрытых участков земель. Травяные типы леса в регионе, как правило, являются производными от моховых типов леса в результате воздействия пожаров и рубок. В связи с этим насаждения травяных групп типов леса и нарушенные участки лесных земель приурочены чаще к территориям, испытывающим наибольшую антропогенную нагрузку, т.е. находятся вблизи населенных пунктов и в местах с развитой дорожной сетью. Основная причина пожаров в этих условиях – человек.

В результате анализа собранных материалов установлено, что степень повреждения древостоев зависит от вида, формы, силы и повторяемости пожаров, времени воздействия огня и в значительной степени определяется типом условий местопроизрастания и характеристиками древостоев, в том числе группой возраста.

3.3. Устойчивость к воздействию огня основных лесообразующих пород региона

Как уже отмечалось выше, пожароустойчивость древесных пород, а также пожароустойчивость насаждений одной породы, относящихся к разным типам леса, во многом определяет последствия пожаров в древостоях [316]. Устойчивость пород к воздействию огня связана, прежде всего, с их морфологическими и физиологическими особенностями. П.А. Цветков [384] пишет, что пирогенные свойства древесных пород являются собой совокупность ответных адаптивных реакций на воздействие лесного пожара, выработанных в процессе филогенеза, поэтому с полным основанием можно утверждать, что пирогенные свойства древесной породы – явление биолого-географическое. Автор предлагает различать несколько понятий. Огнестойкость определяется как результат индивидуальной адаптации к воздействию пожаров отдельных особей вида, пожароустойчивость – как способность адаптации к пирогенному фактору на уровне фитоценозов (насаждений), а пирофитность – как адаптация вида к огневому воздействию на уровне лесных формаций (экосистем). Эти качества являются потенциальными свойствами вида, т.е. присущи виду в потенци, и изменяются в зависимости от среды обитания [384].

Всеми исследователями подчеркивается большая пожароустойчивость светлохвойных пород, мелколиственные и особенно темнохвойные породы менее устойчивы к воздействию огня. М.А. Софронов, ссылаясь на И.Н. Балбышева [19], пишет: «Лиственница и сосна – как известно, наибо-

лее пожароустойчивые породы, ель и пихта, наоборот, очень чувствительны к огню [19]. Кедр занимает по пожароустойчивости некоторое промежуточное положение». Отмечается, что светолюбивые породы в процессе эволюции приобрели повышенную устойчивость к пожарам [259, 281, 319].

Взрослые деревья сосны и лиственницы в условиях совместного произрастания отличаются разной чувствительностью к огню [361]. В литературе об этом высказывались разноречивые мнения. Одни исследователи [4, 253, 299, 329, 335, 418] считают более огнестойкой сосну, другие [6, 12, 19, 53, 78, 208, 361] утверждают обратное.

По мнению Л.В. Попова [257], причины такого расхождения кроются не только в различных растительных условиях мест, где проводились наблюдения. Не менее важно, как указывал и А.А. Корчагин [156], то, что одни писали о сибирской, а другие – о даурской лиственнице. Последняя имеет более поверхностную корневую систему. Другое дело – лиственница сибирская, у которой корневая система не бывает очень поверхностной, поэтому она повсеместно устойчива. При этом следует отметить, что в Нижнем Приангарье в определенных условиях местопроизрастания у сосны и у лиственницы сибирской корневая система поверхностная.

В.Б. Сочава [332] отмечает, что под влиянием пожаров сосново-лиственничные леса в южной тайге расширили свою площадь за счет темнохвойных лесов, а внутри сосново-лиственничного комплекса укрепилась позиция сосны во всех тех случаях, когда пожары содействовали улучшению термического режима почв. По мнению автора, молодняк лиственницы больше страдает от огня, чем подрост сосны, имеющий более глубокую корневую систему. В результате периодически случающихся низовых пожаров в сосново-лиственничных лесах укрепляется позиция сосны, которая со временем может вытеснить лиственницу. Наряду с этим он отмечает, что при зарастании гарей после верховых пожаров лиственница, как более быстро растущая порода, имеет преимущества перед сосной.

Г.С. Войнов, М.А. Софронов [71] писали, что наибольшей устойчивостью против пожара отличается лиственница: у толстомерных деревьев не наблюдается стопроцентного отпада даже при большой высоте нагара. Сосна уступает в пожароустойчивости лиственнице.

И.С. Мелехов [206] отмечал, что сравнительно слабо страдающая от непосредственного воздействия огня лиственница сибирская оказывается чувствительнее сосны к заражению дереворазрушающими грибами через пожарные подсушины и выгоры. Сосна, обладая активным смоляным аппаратом, довольно успешно противостоит проникновению грибных инфекций через пожарные подсушины. Более слабое смоловыделение у лиственницы не дает такой возможности, поэтому послепожарный отпад лиственницы может оказаться даже большим, чем у сосны.

С другой стороны, А.И. Уткин [363] писал, что взрослые деревья лиственницы отличаются большей огнестойкостью, чем деревья сосны. Он объясняет это нарастанием корки в нижней части ствола взрослых лиственниц, что увеличивает их огнестойкость при повторных слабоинтенсивных пожарах. Сильное засмоление огневых травм (пожарных подсушин) у сосны, напротив, влечет за собой усиление чувствительности ее к повторным пожарам. Неоднократное обгорание локальных участков ствола у сосны увеличивает поверхность пожарных подсушин, что нарушает процессы водообмена у деревьев и, как следствие этого, вызывает их усыхание из-за нарушения физиологических функций, а также из-за нападения стволовых вредителей. Таким образом, по его мнению, повышенная чувствительность сосны к повторным пожарам – решающий момент, определяющий в боровых экотопах ее меньшую огнестойкость и непродолжительность жизни по сравнению с лиственницей.

И.Н. Балбышев [19] указывал на то, что пожароустойчивость лиственницы повышают толстая кора, достигающая у перестойных деревьев 25 см, высокоподнятая крона, незначительная смолистость коры и заболони. У сосны кора в нижней части ствола тоньше, чем у лиственницы; смолистость коры и периферийных частей ствола выше, поэтому сосна менее огнестойка, чем лиственница.

Он отмечает, что углубленная корневая система на дренированных и развитых почвах усиливает огнестойкость лиственницы, на почвах с избыточным увлажнением, на каменистых и мелких почвах, в условиях вечной мерзлоты корневая система у лиственницы поверхностная и в связи с этим корневые лапы при пожарах сильно обгорают. И.Н. Балбышев пишет о том, что экспедиция Уральского лесотехнического института на Урале (1942–1943 гг. в составе М.Е. Ткаченко, В.К. Захарова, С.И. Ванина, А.А. Байтина, Ф.А. Соловьева и А.П. Шиманюка) установила большую (по числу стволов) повреждаемость пожарами сосны по сравнению с лиственницей. Отпад лиственниц в 2 раза меньше, чем у сосны. Древесина лиственниц, поврежденная пожарами, меньше разрушается гнилями грибного происхождения, чем древесина сосны. Это противоречит мнению И.С. Мелехова [206], который считает, что лиственница из-за меньшей смолистости более устойчива к воздействию огня, но менее устойчива к грибным заболеваниям.

Данные противоречия обуславливают необходимость проведения дополнительных исследований по устойчивости основных лесообразующих пород. Кроме того, в складывающихся лесорастительных, климатических, экономических и социальных условиях при возрастающей частоте пожаров и горимости лесов необходима оценка перспективности пород. Пожароустойчивость пород во многом зависит от комплекса взаимосвязанных факторов, в том числе и от генетически обусловленной реакции

на условия окружающей среды, анатомо-морфологических и физиологических особенностей. Данные факторы в значительной степени определяются региональной спецификой, обуславливающей различия в морфологических признаках деревьев даже одной породы и, как следствие, неравнозначность последствий огневого воздействия. Например, в Нижнем Приангарье в насаждениях на суглинистых почвах с достаточной степенью увлажнения это выражается в формировании у светлохвойных пород поверхностных корневых систем.

Устойчивость пород оценивали по отпаду (%) в однопородных частях насаждений, который определяли по числу деревьев и запасу, как наиболее показательному фактору. Так, по мнению В.Н. Балбышева [19], сравнительный процент отпада деревьев по породам в одном древостое после пожара – основной показатель устойчивости пород.

Поскольку светлохвойные породы, как уже указывалось ранее, в регионе преобладают, в исследованных насаждениях большая доля участия в составе древостоев приходится именно на эти породы. Причем насаждения на бедных и сухих песчаных почвах представлены чистыми сосновыми древостоями. Зеленомошная и разнотравная группы типов леса заняты сосново-лиственничными и лиственнично-сосновыми древостоями с небольшой примесью мелколиственных и, иногда, темнохвойных пород. В древостоях на переувлажненных почвах, приуроченных к логам, понижениям рельефа, заболоченным участкам, большая доля состава приходится на лиственницу, значительная часть занята темнохвойными породами – елью и пихтой. На некоторых пробных площадях от 30 до 50% запаса древостоев составляла береза. Доля кедра, сосны и осины не превышает 5%.

Данные по пожароустойчивости основных лесообразующих пород в Нижнем Приангарье приведены в табл. 3.4. В целом данные проведенных исследований подтвердили мнение многих авторов о большей устойчивости к воздействию огня светлохвойных пород. Однако следует отметить, что насаждения с участием в составе темнохвойных пород чаще подвергаются сильным низовым пожарам. Вероятно, это связано с тем, что такие насаждения приурочены к более влажным и богатым почвам со значительным запасом напочвенных горючих материалов, просыхание которых задерживается тенистым пологом. В связи с этим пожары возникают при высоких классах пожарной опасности по погодным условиям, и наличие большого запаса хорошо просохшего горючего материала обуславливает высокую интенсивность горения. Незначительные повреждения еловой части древостоев в исследованных насаждениях можно объяснить тем, что куртины ели зачастую приурочены к понижениям рельефа или произрастают вблизи ручьев, где условия отличаются повышенной влажностью, а в составе живого напочвенного покрова доминирует кукушкин лен. Эти факторы препятствуют распространению огня, и такие участки либо не подвергаются горе-

нию, либо сила огня в значительной степени снижается. Из мелколиственных пород, в случае развития устойчивых пожаров, большей устойчивостью отличается береза. Осиневая часть древостоев повреждается сильнее, вероятно, из-за более тонкой корки, а также более плотного опада и, как следствие, большей продолжительности воздействия огня.

Таблица 3.4

**Пожароустойчивость основных лесообразующих пород
Нижнеангарского таежного района**

Порода	Форма низового пожара	Сила пожара	Отпад по породам ($x \pm m \times V$), %, по	
			количеству деревьев	запасу
Сосна	Беглая	От слабой до средней	$\frac{33,6 \pm 5,78}{97}$	$\frac{11,2 \pm 1,41}{79,7}$
		От средней до сильной	$\frac{67,7 \pm 3,28}{27}$	$\frac{51,7 \pm 3,39}{39}$
		Сильная	100±0	100±0
	Устойчивая	От слабой до средней	$\frac{45,0 \pm 5,34}{43}$	$\frac{36,0 \pm 2,03}{32}$
		От средней до сильной	$\frac{82,0 \pm 4,41}{18}$	$\frac{83,3 \pm 4,05}{21}$
		Сильная	100±0	100±0
Лиственница	Беглая	От слабой до средней	$\frac{28,2 \pm 7,20}{125}$	$\frac{2,7 \pm 0,70}{161}$
		От средней до сильной	$\frac{42,1 \pm 5,28}{60}$	$\frac{25,6 \pm 2,79}{65,3}$
		Сильная	$\frac{98,5 \pm 0,50}{1,6}$	$\frac{81,8 \pm 3,81}{17,5}$
	Устойчивая	От слабой до средней	$\frac{54 \pm 7,8}{42}$	$\frac{44,8 \pm 2,11}{23}$
		От средней до сильной	$\frac{86,5 \pm 5,10}{17}$	$\frac{89,9 \pm 3,08}{15}$
		Сильная	$\frac{96,4 \pm 1,71}{5}$	$\frac{98,2 \pm 0,66}{3}$
Ель	Беглая	От средней до сильной	$\frac{61,1 \pm 4,39}{21}$	$\frac{52,0 \pm 5,06}{58,5}$
	Устойчивая	От слабой до средней	91*	50*
		Сильная	$\frac{98 \pm 2,00}{19}$	$\frac{92,3 \pm 7,72}{23}$
Пихта, кедр	Беглая	Сильная	100±0	100±0
	Устойчивая	Сильная	100±0	100±0
Береза	Беглая	От слабой до средней	$\frac{16,8 \pm 7,49}{179}$	$\frac{12,5 \pm 3,47}{175,4}$
		От средней до сильной	$\frac{79,2 \pm 5,13}{23}$	$\frac{76,7 \pm 4,65}{36,4}$
		Сильная	100±0	100±0
	Устойчивая	От слабой до средней	76*	50*
Осина	Беглая	От средней до сильной	$\frac{74,4 \pm 5,59}{31}$	$\frac{75,3 \pm 3,03}{24}$
		Сильная	100±0	100±0
	Устойчивая	От слабой до средней	50	60

*По данным одной пробной площади.

Устойчивость сосны и лиственницы к воздействию огня в значительной степени определяется формой пожара. Установлено, что лиственница более устойчива к воздействию беглых низовых пожаров, возникающих чаще всего в весенний период пожароопасного сезона (см. табл. 3.4). Причем различия достоверны при любой силе пожара. Эта закономерность связана с экологическими свойствами лиственницы, в том числе с ее листопадностью и способностью восстанавливать крону. Г.И. Гирс [78] отмечала, что опаливание кроны смертельно почти для всех хвойных пород, исключение составляет лиственница, способная частично восстанавливать хвою из спящих почек.

Следовательно, лиственница как порода, способная восстанавливать крону из спящих почек, не всегда погибает в результате ее повреждения, за счет чего сохраняет жизнеспособность после воздействия беглых низовых и даже верховых пожаров в смешанных насаждениях. Имеет значение, что ранней весной в сроки, когда в регионе развиваются беглые пожары, лиственница зачастую бывает не охвоена и усыхания кроны не происходит. Такая закономерность наблюдалась нами не только в Нижнеангарском таежном районе, но и в других регионах юга Сибири: южно-таежной зоне, травяных светлохвойных лесах предгорий Восточного Саяна [31], Западном Саяне и в Восточном Забайкалье. В чистых лиственничниках возможно развитие верховых пожаров, чаще весной, в момент распускания почек лиственницы, когда они засмолены. В таком случае древостои погибают полностью, восстановления кроны не наблюдается. Последствия таких пожаров изучались нами в горах Республики Тыва, в южных и юго-западных районах Восточного Забайкалья. Возвращаясь к особенностям пожароустойчивости сосны, следует заметить, что к более значительным повреждениям сосновой части древостоев при повторных пожарах приводит засмоление огневых ран и подсушин [19]. Засмоленные участки стволов, по нашим наблюдениям, могут гореть в течение длительного времени – до нескольких часов.

Отмечалось значительное засмоление огневых ран у сосны и прогорание стволов на месте предыдущих повреждений (рис. 3.7). При осмотре засмоленных мест обнаружена гибель луба под коркой даже в тех местах, где еще не было пожарных подсушин. Эти наблюдения согласуются с мнением многих авторов [19, 361].

Как уже отмечалось ранее, засмоленные места и пожарные подсушины при повторных пожарах горят продолжительное время, даже после прохождения кромки пожара. При этом температура пламени во время горения пожарных подсушин, по результатам наших наблюдений за экспериментальными пожарами на опытных участках, превышает 900 °С. Очевидно, что засмоление пожарных повреждений у сосны может обусловить гибель поврежденных деревьев при последующих пожарах.

Следовательно, большая устойчивость лиственницы к воздействию беглых пожаров связана с ее экологическими свойствами, в том числе с листопадностью и способностью восстанавливать крону из спящих почек. Недаром Г.Ф. Морозов [223] ставил на первое место среди лесообразующих факторов экологические требования пород, вероятно, от них в конечном итоге зависит и устойчивость древостоев к пожарам, а следовательно, и дальнейший ход лесообразовательного процесса, так как менее устойчивые освобождают «экологическую нишу» для более устойчивых.

После воздействия устойчивых низовых пожаров слабой и средней силы при заглублинии огня в подстилку лиственница повреждается в большей степени, чем сосна. Это можно объяснить тем, что лиственница имеет более развитые крупные корневые лапы, как правило высокоподнятые, которые удерживают и приподнимают напочвенный горючий материал вблизи деревьев, в результате чего он хорошо просыхает. Под взрослыми лиственницами скапливается много крупных смолистых сучьев и опада.

Для плотного лиственничного опада и подстилки характерно беспламенное горение, а в результате более длительного воздействия огня страдают корневые лапы. В нижней части ствола толщина корки у лиственницы может превышать 25 см, за счет чего стволы старых лиственниц имеют «бутылкообразную» форму. Однако, несмотря на это, неоднократные пожары приводят к ее истончению у поверхности земли, и при повторных огневых воздействиях основания стволов повреждаются до практически полного прогорания корки и омертвления луба (рис. 3.8). Совокупность этих факторов определяет меньшую устойчивость лиственницы к воздействию устойчивых пожаров по сравнению с сосной.

В случае развития устойчивых сильных пожаров, различий в пожароустойчивости пород практически не наблюдается (см. табл. 3.4). Это согласуется с мнением П.А. Цветкова [385] о том, что при воздействии на луб летальных температур (50–60 °С) на протяжении длительного времени различия в огнестойкости, как между породами, так и между отдельными особями одной породы, сглаживаются и практически теряют смысл. Морфолого-физиологические адаптации древесных пород в данном случае становятся недостаточными.

По нашим наблюдениям, определять пожароустойчивость в случае развития высокоинтенсивных пожаров будет приуроченность деревьев определенного вида к характерным для них элементам нано- или микро-рельефа. Так, после сильных устойчивых пожаров выживают группы деревьев темнохвойных пород, чаще ели, произрастающие вдоль ручьев или в понижениях рельефа, и единичные лиственницы или их группы на повышенных элементах рельефа. Кроме того, огонь зачастую обходит куртины осины и ольхи, под которыми есть плотный влажный, практически негоримый опад. Наши наблюдения согласуются с мнением М.А. Софронова [316] о связи устойчивости насаждений к огневому воздействию с условиями местопроизрастания.



Рис. 3.7. Засмоление ран у сосны и горение засмоленных участков ствола



Рис. 3.8. Прогорание корки в нижней части ствола лиственницы

*
* *

В целом пожароустойчивость пород во многом зависит от комплекса взаимосвязанных факторов, в том числе и от их генетически обусловленной реакции на условия окружающей среды, анатомо-морфологических и физиологических особенностей. Данные факторы в значительной степени определяются региональными особенностями. Например, в Нижнем Приангарье в насаждениях травяных и моховых групп типов леса это выражается в формировании у светлохвойных пород поверхностных корневых систем.

Из-за воздействия пожаров в Нижнеангарском таежном районе в составе древостоев увеличивается доля участия светлохвойных пород (за счет их большей пожароустойчивости) и, соответственно, возрастает доля светлохвойных насаждений. В связи с этим для регулирования состава насаждений в целях увеличения доли светлохвойных пород и насаждений можно предложить использование управляемого огня.

Различия в пожароустойчивости сосны и лиственницы определяются формой пожара. Лиственница более устойчива к воздействию пожаров беглой формы, а сосна – к низовым пожарам устойчивой формы. Установленные особенности пожароустойчивости сосны и лиственницы определяют вероятность развития лесов региона по следующему сценарию.

В южно-таежной зоне при преобладании устойчивых летних пожаров можно ожидать возрастания в составе насаждений доли сосны. В случае дальнейшего увеличения площади нарушенных участков лесных земель с травяным покровом, смещения пика горимости на весенний период и нарастания доли беглых пожаров в последующем можно ожидать возрастания в составе древостоев доли лиственницы.

Эти тенденции будут продолжаться, так как именно выжившая часть древостоев будет обеспечивать процессы лесовосстановления на горячих и в насаждениях, пройденных огнем. По мнению П.А. Цветкова [385], огнестойкость видов в значительной мере предопределяет ход лесовосстановительных процессов, а в некоторых случаях и саму судьбу лесных экосистем.

Послепожарный отпад в элементах леса зависит от комплекса факторов, в том числе от их местопроизрастания и структуры насаждений. Пожароустойчивость элементов древостоев, кроме того, в немалой степени связана с приуроченностью деревьев или их групп к характерным для них элементам нано- или микрорельефа.

В складывающихся лесопожарных условиях светлохвойные породы оказываются наиболее перспективными, а в более южных районах с преобладанием травяных лесов особое внимание необходимо уделять лиственнице, имеющей сейчас небольшую долю в светлохвойных лесах юга Сибири.

3.4. Влияние пожаров на структуру популяций

При исследовании влияния пожаров на функции ландшафта в сфере человеческой деятельности необходима оценка влияния послепожарного отпада на их ресурсовоспроизводящую роль. Несомненно, что послепожарный отпад в древостоях, даже после пожаров слабой силы, снижает эту роль, что следует из данных, приведенных в разделе 3.1, которые в основном касались территориальных особенностей характеристики отпада. Однако эта характеристика отпада, его экономическая оценка как ущерба от лесного пожара сопряжены с сортиментацией отпавших деревьев, распределением отпада по ступеням толщины. В результате исследований проведен анализ распределения отпада по числу деревьев и запасу по ступеням толщины на каждой пробной площади, отдельно для каждой породы. Кроме того, с целью уточнения характеристики отпада дана оценка распределения деревьев по категориям жизнеспособности и ступеням толщины. В качестве иллюстрации показан отпад в светлохвойной части одновозрастных (рис. 3.9, 3.10) и разновозрастных (рис. 3.11) древостоев.

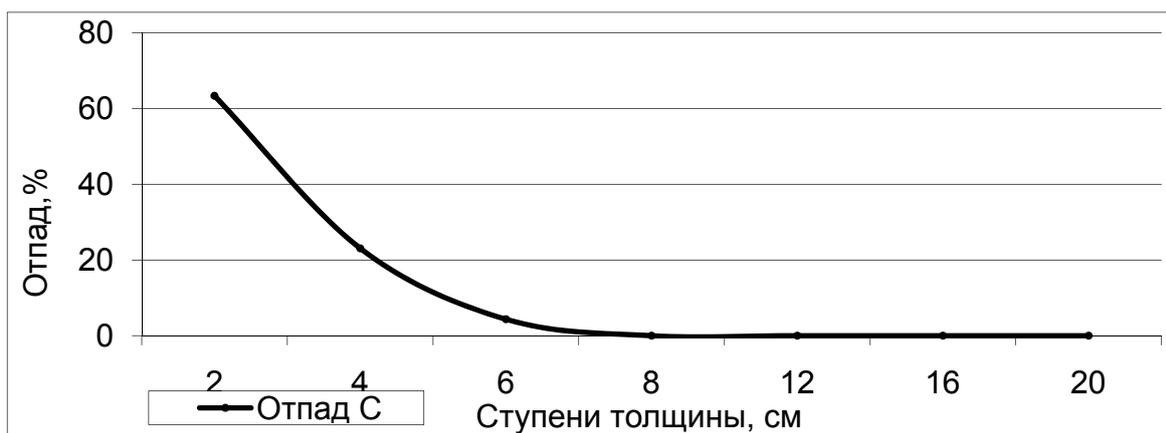


Рис. 3.9. Отпад в длительно негоревшем одновозрастном сосновом древостое

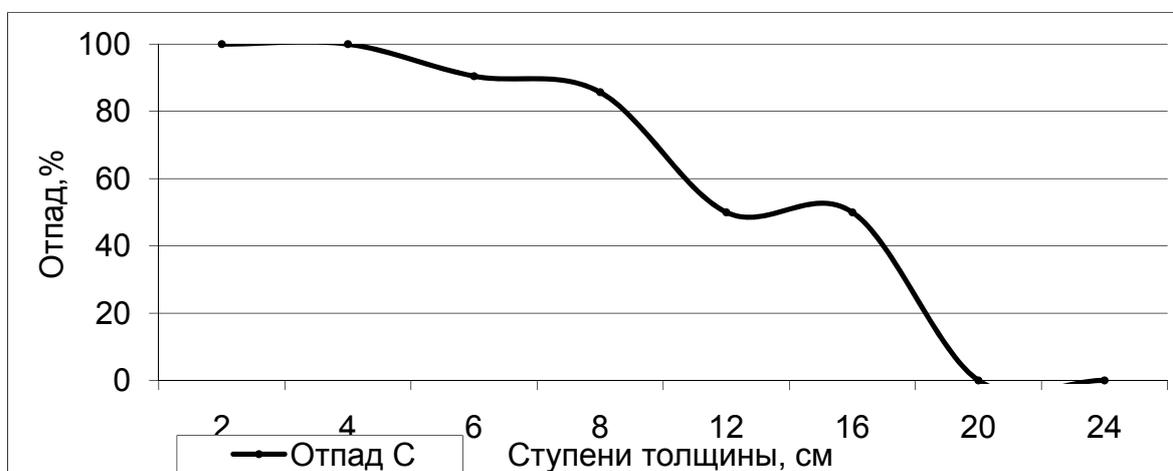


Рис. 3.10. Отпад в одновозрастном сосновом древостое, пройденном огнем

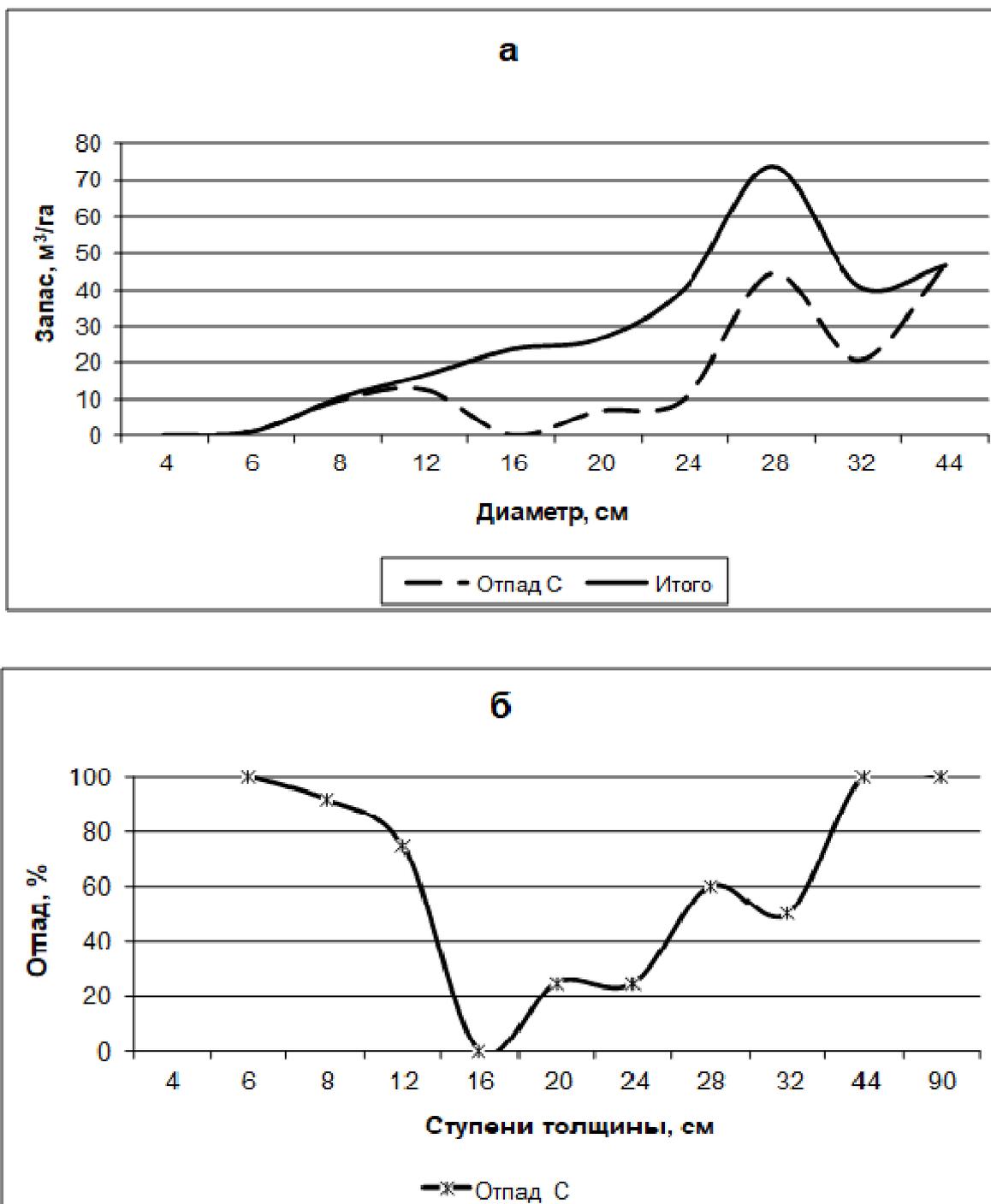


Рис. 3.11. Влияние пожара на отпад в разновозрастной сосновой части древостоя:

*а – распределение запаса сосны по ступеням толщины (отпад С – запас отпавшей части сосны; итого – весь запас сосновой части древостоя, м³/га);
б – отпад по ступеням толщины, %*

В результате проведенного анализа выявлено, что наибольший процент отпада свойственен деревьям наименьших ступеней толщины (низших классов по Крафту). Они менее устойчивы к воздействию огня, что согласуется с данными многих авторов [98, 193, 321, 399]. Самая низкая доля отпада у одного поколения обычно наблюдается в средних сту-

пеньях толщины. В крупных ступенях толщины, по полученным данным, послепожарный отпад несколько возрастает по сравнению со средними ступенями. Эту закономерность для разных древесных пород мы наблюдали на многих пробных площадях. Следует отметить, что учет отпада в древостоях проводился без учета их динамики и при перечете сразу после пожара отпад в крупных ступенях толщины был бы значительно большим, так как многие крупные отпавшие деревья перешли в разряд средних. Отмеченная закономерность находит объяснение в работе Н.В. Третьякова [359], который писал, что «наиболее жизнестойкими и приспособленными к данным условиям их роста являются деревья средних ступеней толщины и, по нашим данным, это подтверждается наибольшим процентом периодического прироста, им свойственного».

Меньшая степень пораженности гнилевыми болезнями кедра в средних ступенях толщины, составляющих большинство деревьев, была отмечена С.П. Арефьевым [14]. Он пишет, что гнилям в наибольшей степени подвержены деревья, уклонившиеся в росте – как мелкоствольные, угнетенные низших классов Крафта, так и крупнствольные, доминирующие высших классов.

Кроме того, подтверждаются высказанные И.С. Мелеховым [212] и М.А. Софроновым [316] замечания о том, что в результате воздействия пожаров гибнут не только самые тонкие деревья. М.Д. Евдокименко [98] по результатам исследований отмечал, что после пожара изменчивость текущего прироста деревьев в целом большая. Причем варьирование прироста среди особей основного возрастного поколения закономерно связано с величиной ступени толщины. Наибольшие коэффициенты изменчивости характерны для малых ступеней. Наименьшей разбросанностью вариант характеризуются ряды распределения в средних ступенях толщины, которые наиболее представлены.

Вероятно, гибель от пожаров крупных деревьев в древостоях можно объяснить наличием под ними большего запаса опада и, соответственно, подстилки, являющихся хорошим горючим материалом. Такое накопление субстрата возможно в результате того, что крупные деревья обычно имеют и более массивную и густую крону. Развитые корневые лапы крупных деревьев способствуют задержанию горючего материала вблизи стволов. Так, проведенные нами в подтаежно-лесостепном лесном районе исследования показали, что запасы подстилки зависят от приуроченности к деревьям разного диаметра (табл. 3.5). Крупные деревья обладают наибольшим запасом кроны, что способствует накоплению запаса подстилки, превосходящего запасы под средними и мелкими деревьями в 1,9 и 2,8 раза соответственно. Под крупными деревьями запасы подстилки достоверно превышают аналогичные запасы под деревьями средней величины.

Таблица 3.5

Запас подстилки под деревьями в зависимости от их размера

Размер дерева	Среднее значение запаса подстилки, кг/100 м ²	Ошибка среднего значения, кг/100 м ²	Коэффициент вариации, %	Точность опыта, %	Достоверность различий, t _ф
Крупное	769,6	41,5	17,0	5,4	7,81
Среднее	409,0	20,2	15,6	4,9	
Мелкое	275,0	11,4	13,1	14,1	5,78

Вследствие таких закономерностей накопления опада и подстилки под крупными деревьями при заглублении огня в подстилку продолжительность огневого воздействия увеличивается. Большое количество рыхлого горючего материала около крупных деревьев приводит и к возрастанию интенсивности горения. Так, по нашим измерениям, проведенным при экспериментальных выжиганиях в Нижнем Приангарье, температура пламени около деревьев крупных ступеней толщины составила 460 ± 63 °С (при точности опыта 14%), а около средних – 396 ± 28 °С (при точности 7%), вблизи мелких деревьев – 327 ± 51 °С (при точности 16%). Увеличение температуры пламени и времени его воздействия и приводит к большему повреждению деревьев крупных ступеней толщины в поколении по сравнению со средними.

Деревья, имеющие наибольший диаметр, как правило, характеризуются большей высотой нагара [39, 71, 380, 384].

В результате влияния всех этих факторов крупные деревья часто бывают повреждены предыдущими пожарами, имеют пожарные подсушины, засмолены (под засмоленной частью корки (коры) луб, как правило, омертвевший), что при повторных пожарах приводит их к гибели. Следует заметить, что у сосны эта закономерность (большая устойчивость к пожарам деревьев средних ступеней толщины по сравнению с крупными) проявляется в более раннем возрасте, чем у лиственницы.

Более сильное повреждение пожарами мелких и крупных деревьев в одновозрастном древостое по сравнению со средними мы наблюдали у осины, отнесенной к породам, которые препятствуют распространению горения в лесу. При наличии большого количества источников огня наблюдается повреждение пожарами крупных плодоносящих деревьев из-за скопления под ними масс женских сережек с частично оставшимися в них опущенными семенами. Уязвимость тонкомерных деревьев к пожарам связана с тонкой коркой (корой). Наиболее представленные в древостое средние деревья повреждаются реже.

Такая же закономерность наблюдалась в пихтовых, еловых и кедровых элементах древостоев в насаждениях. Под крупными деревьями, как правило, в большей степени развиты моховые подушки, большее количество опавшей хвои, следовательно, и больше запас почвенного горючего материала. Кроме того, крупные темнохвойные деревья имеют и более развитые корневые лапы. Это в совокупности приводит к гибели деревьев

темнохвойных пород крупных ступеней толщины. Деревья среднего размера, наиболее широко представленные, ослабевают меньше.

Таким образом, по результатам проведенных исследований, деревья среднего размера оказались наиболее устойчивыми к огневому воздействию и, следовательно, наиболее приспособленными к современным условиям, а в целом наиболее жизнеспособными.

Кроме того, как уже указывалось в разделе 3.1, при одинаковой силе пожаров в древостоях одной группы возраста, произрастающих в однотипных лесорастительных условиях, отпад, как правило, возрастает с увеличением полноты древостоев. Однако следует отметить, что в высокополнотных древостоях сильные низовые пожары возникают реже. Кроме того, спелые поколения, как правило, наиболее устойчивы к воздействию пожаров. Молодняки и перестойные древостои повреждаются в большей степени.

Вероятно, пожары слабой и средней силы выступают как обычный фактор естественного отбора, действие которого стабилизирует состав популяции близких к средним по проявлению признаков форм, отсекая крайние. Такой характер отпада накладывает отпечаток и на средообразующую роль лесных ландшафтов, которая должна рассматриваться с позиции и экологии человека, и лесной экологии [212].

Первая позиция – изменения в экологии человека – может выражаться через утрату части годичного прироста фитомассы, связанного с углеродным циклом, производством кислорода и его ионизацией [20]. Но и здесь необходимо отметить, что при пожарах умеренной силы в основном отпадают деревья низших классов Крафта и так обреченные при естественном отборе, имеющие малый прирост и теневую хвою, которая менее производительна. Кроме того, отпадают крупные ослабленные деревья, которые освобождают «экологическую нишу» для лучшего роста более жизнестойких и приспособленных деревьев и улучшают условия для появления новых поколений леса.

Вторая позиция – изменения в лесной среде – более многогранна. Как отмечают многие авторы [281, 259, 286, 319, 353, 349, 377, 399], роль большинства низовых пожаров в зоне, благоприятной для произрастания светлохвойных лесов, может считаться положительной. Все высокопродуктивные и высококачественные леса естественного происхождения, которые принято считать эталонными, вырастают, как правило, на месте пожарищ. В естественных лесах пожары осуществляют своеобразный «севооборот» с чередующейся сменой древесных пород. Для леса такая смена и полезна, и необходима [319, 257]. При пожарах осуществляется перевод части зольных элементов и азота в легкоусвояемые минеральные формы, смещается рН обожженного субстрата в предпочитаемые светлохвойными породами пределы [277]. Однако в настоящее время при росте антропогенных нагрузок и изменении климатических условий на юге Сибири даже низовые пожары зачастую наносят значительный ущерб лесным экосистемам. Ха-

раактер повреждения в сочетании с отпадом в значительной степени предопределяет ход лесовосстановительных процессов на пожарище. Более подробно вопрос о влиянии пожаров на естественное лесовосстановление и формирование хвойных древостоев рассмотрен далее.

*
* *

Проведенные исследования по оценке влияния пожаров на древостои светлохвойных насаждений в Нижнеангарском таежном районе позволили сделать следующие выводы.

В регионе характеристики пожаров и степень повреждения древостоев после их воздействия в значительной степени определяются почвенно-грунтовыми условиями, обуславливающими, в том числе, и формирование на суглинистых почвах с достаточной степенью увлажнения поверхностных корневых систем даже у светлохвойных пород, что является зонально-географической особенностью насаждений данного региона.

Степень повреждения древостоев пожарами, в свою очередь, определяется также и характеристикой пожаров: их видом, формой, силой и повторяемостью воздействия огня.

Устойчивые низовые пожары, характерные для летнего периода, наносят более значительный ущерб древостоям по сравнению с низовыми пожарами беглой формы. При этом беглые низовые пожары наиболее характерны для весеннего периода и развиваются чаще в травяных группах типов леса и в насаждениях с незначительным запасом напочвенных горючих материалов, например сосняках лишайниковых и мертвопокровных на сухих почвах. Для насаждений моховых групп типов леса, преобладающих в регионе исследования, более характерно развитие летних устойчивых пожаров.

Сосновым древостоям, произрастающим на бедных песчаных почвах, низовые пожары слабой и средней силы не наносят значительного вреда.

На более богатых почвах в хвойных насаждениях зеленомошных, травяных групп типов леса, а также в лесах с влажномшистым напочвенным покровом степень повреждения древостоев, в случае заглубления огня в подстилку, значительна.

Усиленные засухи последних десятилетий, обуславливающие просыхание напочвенного горючего материала на полную глубину, а следовательно, развитие высокоинтенсивных низовых, часто устойчивой формы, или верховых пожаров усугубляют последствия огневого воздействия на древостои.

В регионе исследования пожары увеличивают долю светлохвойных пород за счет их большей пожароустойчивости. Устойчивость к воздействию огня сосны и лиственницы определяется видом и формой пожара. Лиственница более устойчива к воздействию беглых пожаров за счет

меньшей степени повреждения кроны и способности восстанавливать ее из спящих почек. Однако после устойчивых низовых пожаров при заглублении огня в подстилку лиственница повреждается в большей степени.

Установленные особенности пожароустойчивости сосны и лиственницы определяют вероятность развития лесов юга Сибири по следующему сценарию.

В Нижнеангарском таежном районе при наблюдающемся в настоящее время преобладании устойчивых летних пожаров можно ожидать повышения в составе насаждений доли сосны. В случае дальнейшего увеличения площади нарушенных участков лесных земель с травяным покровом и нарастания доли беглых пожаров в последующем в составе древостоев может повыситься доля лиственницы. Эти тенденции будут продолжаться, так как именно выжившая часть древостоев будет обеспечивать естественное лесовосстановление на горях и в насаждениях, пройденных огнем.

Послепожарный отпад в элементах леса зависит от комплекса факторов, в том числе от их местопроизрастания, что отмечалось ранее М.А. Софроновым [316], и структуры древостоев. Пожароустойчивость элементов древостоев, кроме того, в немалой степени связана с приуроченностью деревьев или их групп к характерным для них элементам макро- или микрорельефа.

Пространственное размещение деревьев и подроста в насаждениях влияет на их послепожарное состояние. В высокополнотных насаждениях и в густых группах и куртинах подроста, вследствие более высокой влажности и плотности напочвенного покрова, интенсивность низовых пожаров снижается, что предохраняет их от значительной степени повреждения.

Наиболее устойчивы к воздействию огня спелые древостои, средневозрастные, приспевающие и перестойные насаждения повреждаются в большей степени.

В процессе послепожарного отпада в древостоях чаще гибнут крайние по размерам деревья (вследствие их морфологических особенностей), в том числе и в одном элементе древостоя. Таким образом, беглые низовые пожары слабой и средней интенсивности выступают как обычный фактор естественного отбора, стабилизирующий популяцию близких к средним по проявлению признаков форм, отсекая крайние.

В складывающихся климатических, социально-экономических и лесорастительных условиях пожары действуют и как фактор движущего отбора, способствуя выживанию наиболее засухо- и пожароустойчивых лесобразующих пород и их форм. Послепожарный отпад высвобождает «экологическую нишу» для дальнейшего роста наиболее жизнестойких и приспособленных деревьев и поселения последующих поколений с соответствующим данным условиям генотипом.

4. ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

4.1. Состояние вопроса

При оценке последствий лесных пожаров необходимо обращать внимание на два момента: вероятность гибели древостоя при пожаре и успешность естественного возобновления [321].

Естественное возобновление леса – сложный эколого-фитоценотический процесс. Его исследование включает в себя изучение процесса формирования лесных ценозов и механизмов взаимодействия популяций древесных пород и компонентов живого напочвенного покрова со средой обитания и между собой [179].

С точки зрения популяционной экологии естественное возобновление – одна из важнейших характеристик ценопопуляций, отражающая ее репродуктивную способность, степень адаптации, стабильность и тенденции динамики численности в тех или иных условиях среды. В лесных экосистемах исход возобновления во многом определяет лесоводственные программы формирования древостоя [286].

Естественному возобновлению светлохвойных пород после пожаров под пологом и на вырубках посвящены работы многих исследователей [15, 33, 179, 193, 208, 215, 220, 223, 252, 275, 286, 290, 330, 353, 357, 360, 361, 377, 389, 497]. При этом установлено, что успешное возобновление светлохвойных чаще всего возможно после низовых пожаров достаточной интенсивности. Так, В.Б. Сочава [331] отмечал, что как в сосновых, так и в лиственничных лесах лесные пожары быстро распространяются и обе породы легко возобновляются на гарях, чему благоприятствует светолюбие и быстрое развитие их подроста на незадерненном обнаженном грунте.

С.Н. Санников [281] указывает, что с экологической точки зрения огонь, если он повторяется нечасто, улучшает условия среды для появления и роста всходов сосны и в большинстве случаев является исключительно мощным, длительно последующим фактором, стимулирующим естественное возобновление и формирование устойчивых продуктивных насаждений. Степень проявления благоприятных эффектов огня зависит от климата, типа биогеоценоза и стадии его развития, интенсивности и продолжительности горения (дозы тепла), давности предшествующего пожара и т.п.

А.И. Уткин [364] выявил неоднозначное влияние пожаров на ход лесовозобновительного процесса. С одной стороны, они уничтожают имеющийся под пологом леса подрост, а с другой – подготавливают среду для массового поселения лиственничных всходов. В ряде типов леса, по его мнению, без обжига поверхности почвы лиственница не возобновляется.

Обобщая результаты исследований разнообразных экологических последствий пожаров в сосновых лесах Евразии, С.Н. Санников, Н.С. Санникова [288] пришли к следующему выводу. В сосняках-зеленомошниках таежной и лесостепной зон в первые 4–5 лет после пожара, выжигающего не менее половины слоя грубого гумуса, создается благоприятная для самосева сосны «экологическая ниша» [по Hutchenson], в которой главные условия среды близки к оптимальным для появления и выживания всходов, а их сезонная и многолетняя динамика соответствует эволюционно обусловленному феноритмотипу онтогенеза семян [278–281, 284]. В частности, «оптимизация» биотипа для самосева светлохвойных видов после пожара происходит благодаря удалению огнем верхнего неразложившегося слоя подстилки и мохового покрова с их неблагоприятными физическими и химическими свойствами [148, 215, 256, 278, 282]; повышению обеспеченности субстрата влагой, теплом [31, 263, 278, 280, 281, 368, 441, 444, 445] и доступными элементами минерального питания [12, 367, 368]; уничтожению или подавлению конкурирующих со всходами хвойных видов растений нижнего яруса и части деревьев, а также повреждающих или расхищающих семена и самосев грибов, насекомых, птиц и мелких млекопитающих; стимуляции развития комменсальной растительности [88, 281, 284].

Некоторые неблагоприятные для самосева сосны условия среды складываются на горячих в случае «пережога» подстилки на относительно сухих и бедных гумусом почвах сосняков лишайниковой группы типов леса: резкое уменьшение запасов органического вещества, избыточная щелочность, понижение влажности, эрозия почвы и т.п. А в случае «недожога» поверхности почвы, часто наблюдаемого во «влажных» и «сырых» условиях местопроизрастания, толстый недогоревший слой подстилки, мхов и обильное вегетативное возобновление травянистой и лиственной древесной растительности [86, 148, 284, 302] препятствуют появлению и выживанию всходов хвойных видов. Таким образом, в зависимости от типов леса, интенсивности горения и других факторов средообразующая роль огня в возобновлении может очень широко варьировать. Оптимум же условий среды для самосева, по-видимому, создается лишь при некоторых специфических для того или иного вида растений, типа биогеоценоза и ландшафта, степени и частоте огневого воздействия [218, 281, 286].

Успешность послепожарного возобновления в различных регионах отмечалась многими авторами [1, 15, 32, 113, 193, 252, 281, 286, 305, 321, 361]. Вместе с тем ряд авторов [191, 259, 376] указывает, что на горячих далеко не всегда идет успешное возобновление. Широко распространен процесс послепожарной смены хвойных пород лиственными.

Процессами лесовозобновления, в том числе в связи с пожарами, в лесах Средней Сибири занимались многие исследователи [32, 249, 252,

259, 275, 276, 321, 377]. Л.В. Попов [259] отмечал, что наблюдающиеся в Средней Сибири процессы восстановления лесов обусловлены преимущественно лесными пожарами. Он подчеркивает, что особенности лесовосстановительного процесса в немалой степени зависят от повторяемости наиболее распространенных в Средней Сибири беглых низовых пожаров. Если такие пожары не случаются или они редки, то для ряда типов леса характерна хорошо выраженная восстановительная динамика. Частая повторяемость низовых пожаров приводит к дигрессивным изменениям леса, образованию дигрессивно-демутационных рядов.

Очень многие авторы отмечают в своих исследованиях разновозрастность сосновых лесов Сибири [191, 233, 252, 258, 363–365, 394, 407, 410]. Так, А.В. Побединский [252] пишет о том, что возникновение разновозрастных лесов в Сибири, как и в европейской части СССР, обусловлено главным образом пожарами, во время которых гибнет часть деревьев. Под изреженным материнским пологом и в образовавшихся «окнах» создаются условия для появления и усиленного развития подроста. При неоднократном повторении пожаров формируются разновозрастные древостои.

Кроме того, многие исследователи указывают на повышение урожайности семян сосны после пожаров [208, 252, 286, 355]. По мнению С.Н. Санникова, Н.С. Санниковой [290], пожар также стимулирует быстрое и полное высвобождение из шишек оставшихся в них семян сосны, обеспечивая дополнительное обсеменение подготовленного огнем субстрата. Те же авторы [286, 290] делают вывод о том, что в первые годы после пожара создается благоприятная для самосева светлохвойных и лиственных видов экологическая ниша, в которой все главнейшие параметры среды близки к оптимальным. К числу пирогенных адаптаций сосен, отражающих их эволюционную стратегию, на уровне особей можно отнести толерантность всходов к щелочности субстрата, их способность к безмикоризному корневному питанию, гелиофильность, засухо-, жаро- и морозоустойчивость; а на уровне ценопопуляций – вспышки («волны») численности самосева, которая при близкой инсеминации на порядок выше, чем на вырубках, и мозаично-ступенчатую возрастно-высотную структуру естественных сосняков как основной механизм их «импульсной пирогенной стабильности» [290].

А.В. Побединский [252] отмечает, что более обильное и частое плодоношение сосны в Восточной Сибири связано и со сравнительно небольшой сомкнутостью большинства древостоев, изреживание которых обусловлено частыми пожарами.

Многие авторы связывают успешное послепожарное возобновление со степенью прогорания подстилки (субстрата) [15, 215, 223, 252, 281, 286, 372, 377, 386], развитием и видовым разнообразием послепожарной растительности [118, 179, 192, 259, 281, 318].

М.А. Шешуков [397] пишет, что только после интенсивной огневой минерализации субстрата и резкого улучшения в целом экологических условий происходит вспышка численности возобновления всех древесных пород, в первую очередь светлых пород.

Конечно, не каждый пожар формирует оптимальную среду для возобновления. Степень проявления благоприятных эффектов огня зависит от климата, типа биогеоценоза и стадии его развития, интенсивности и продолжительности горения (дозы тепла), давности предшествующего пожара и т.п. Средообразующая роль огня в сосновых лесах может широко варьировать – от оптимума до пессимума. Вся эта гамма вариантов свидетельствует о диалектических взаимопереходах количественных и качественных изменений применительно к действию пожара на экотоп и биоценоз, лишней раз подчеркивая необходимость экспериментального изучения этой проблемы в эколого-географическом аспекте [281].

4.2. Влияние пожаров на почвенный покров

Определению запасов травяно-кустарничкового, мохового ярусов, подстилки и опада и их послепожарной динамики посвящены работы многих исследователей [102, 118, 170, 174, 179, 286, 321, 376], а для некоторых регионов исследований сделан подробный анализ видового состава травяно-кустарничкового и мохового растительного покрова [30, 118, 174, 179, 250, 251, 286, 376].

Такие работы проводили с различными целями: для оценки послепожарной динамики почвенного покрова; определения его влияния на возобновление древесных пород; установления запасов горючих материалов; оценки влияния пожаров на биоразнообразие и др.

Установлено, что при запасе почвенных горючих материалов $0,2 \text{ кг/м}^2$ и менее устойчивое распространение пламени прекращается [43, 67], а при его увеличении происходит возрастание интенсивности и рисков возникновения верхового пожара.

Н.И. Вялых и А.А. Звонкова [72], определяя запасы почвенных горючих материалов в древостоях различных типов леса средней подзоны тайги Архангельской обл., пришли к выводу, что с повышением возраста увеличивается и запас почвенного покрова. По данным других исследователей, возраст древостоя незначительно влияет на запас опада – количество опада в древостоях сосны обыкновенной в возрасте от 20 до 120 лет остается примерно одинаковым (около 15 т/га), что, по мнению авторов, свидетельствует о сбалансированности процессов разложения и поступления горючих материалов с крон деревьев (мелкие веточки, хвоя, шишки). В то время как запас крупных древесных материалов и гумуса возрастает с увеличением возраста древостоя [428].

Запас и соотношение отдельных групп лесных горючих материалов в разных типах леса отличаются. Особенно много горючих материалов в сосновых лесах, далее идут еловые, а потом лиственничные леса [92]. Указывая на географичность запасов, некоторые авторы [92, 121, 200] отмечали, что количество горючих материалов относительно невелико в южных широтах, а с продвижением в северном направлении их запасы увеличиваются. По данным А.И. Бузыкина с соавт. [30], запас годового опада в сосняках брусничных и зеленомошных Среднего Приангарья находится в пределах 16,6–28,2 ц/га. Основная масса опада приходится на хвою (49–61% годовой массы опада), причем сосняки более молодого возраста отличаются повышенным содержанием хвое-лиственной фракции по сравнению с сосняками более старшего возраста.

Скорость разложения опада определяется его фракционным составом и комплексом климатических характеристик (температура воздуха, количество выпавших осадков и др.). Исследования, проведенные на территории Канады, показали, что наибольшие потери массы опада за 6 лет наблюдались в самых южных участках страны (до 76%), а наименьшие (до 21%) – в северных. При этом скорость разложения опада разных древесных пород широко варьировала.

Н.Н. Лащинский [179], определяя запас и скорость разложения подстилки в сосняках разнотравно-коротконожковом и толокнянково-брусничном, рассчитал, что годовой опад в первом типе леса полностью разлагается за 2 года, а во втором – за 5 лет.

М.Д. Евдокименко [101] при исследовании процесса накопления опада в сосняке рододендроновом после сильного пожара указывал, что к концу первого сезона наблюдений количество свежего опада на горевших площадях составило 2,5–3,0 т/га, что в 3 раза больше, чем при естественном опаде. Во второй сезон, наоборот, накапливается почти в 1,5 раза меньше опада, и через 3 сезона после сильного пожара общее количество свежего опада становится одинаковым как в контроле, так и на пожарище.

Много исследований проведено в отношении пожарного созревания лесных участков по мере высыхания горючих материалов [99, 104, 105, 167, 168, 174, 261, 328].

Под влиянием пожаров существенно изменяются свойства лесной подстилки. Это связано как с уменьшением количества опада и сменой его качественного состава, так и с резким изменением на горячих гидротермических условиях, что влияет на период формирования и скорость минерализации подстилки. С увеличением после пожара температуры почвы запасы почвенных горючих материалов, как правило, снижаются в связи с ускорением процессов разложения [80, 431].

В подстилках старых гарей доля хвои резко уменьшается, но увеличивается фракция сучьев и коры – 20–50 и 6–20% соответственно. Характерна высокая зольность подстилок – 6,4–10,8%. Объемный вес подстилки после пожаров увеличивается в 2–3 раза [282].

Часто подстилка является основным видом горючего материала при лесных пожарах и максимально приближена к минеральной части почвы. В тех местах, где лесная подстилка имеет большой запас и низкое влагосодержание, воздействие пожара на почву может быть очень разрушительным, особенно на бедных почвах. Обнажение минерального слоя почвы из-за уничтожения растительного покрова, особенно в результате повторяющихся пожаров, может привести к эрозии и увеличению поверхностного смыва почв – это наиболее часто встречающийся, долгосрочный и разрушительный результат пожаров [422, 445].

По данным В.В. Горшкова с соавт. [80], в северотаежных лишайниковых сосновых лесах полное восстановление толщины подстилки после пожара занимает 120 лет, в лишайниково-зеленомошных и зеленомошных – 175–190 лет. При этом послепожарное восстановление толщины подстилки в сосновых лесах с сохранившимся древостоем происходит за менее продолжительный период по сравнению с сообществами, в которых древесный ярус полностью разрушен в результате последнего пожара; для сосновых древостоев зеленомошной группы различие составляет 70–100 лет [80].

М.А. Софронов и А.В. Волокитина [323] вводят понятие растительных горючих материалов (РГМ) и отмечают, что определение запасов осложняется неравномерностью их распределения по площади, обусловленная синузильностью фитоценозов: пространственной (хоросинузильность) и временной (хроносинузильность) [341]. Поэтому, по их мнению, высокую точность учета запасов, полученную на отдельных участках, ни в коем случае нельзя распространять на всю категорию, например на тип леса. Они полагают, что высокая точность определения запасов РГМ в нескольких отдельных точках не оправдана.

Высокое варьирование запасов лесных горючих материалов, их внутреннюю неоднородность отмечали также В.В. Фуряев [376] и многие другие. Н.П. Курбатский [170], Н.П. Курбатский, Г.А. Иванова [174] писали об увеличении ошибок в точности учета массы компонентов с уменьшением доли компонента.

Установлено, что масса лесной подстилки и опада находятся в прямой зависимости от типа леса, состава, полноты и среднего возраста древостоев [30, 90].

В свою очередь, неравномерное распределение горючего материала по площади приводит к тому, что интенсивность пожара, даже на относительно небольшом участке, различается.

Поскольку полученные авторами данные неравнозначны, необходимо региональное изучение запасов субстрата и живого напочвенного покрова и их динамики.

Для изучения послепожарной динамики напочвенного покрова на 115 пробных площадях, заложенных в Нижнеангарском таежном районе, был описан видовой состав травяно-кустарничкового и мохового покрова, определена мощность слоев опада и подстилки, а также запасы напочвенных горючих материалов. Данные сгруппированы по степени богатства и увлажненности почв, форме и силе низовых пожаров (табл. 4.1). Это обусловлено тем, что перечисленные факторы в значительной степени определяют количественные и качественные характеристики напочвенного покрова.

Результаты исследования показали, что наименьшими запасами напочвенных горючих материалов и обилием видовой состава характеризуются лишайниковые и мертвопокровные типы леса, приуроченные к сухим песчаным почвам. С повышением влажности и богатства почвы запасы напочвенных материалов увеличиваются (см. табл. 4.1), возрастает и мощность подстилки. Пожары, как правило, снижают количество субстрата, однако запас живого напочвенного покрова может увеличиваться за счет разрастания трав.

В среднем запасы напочвенного покрова в длительно негоревших насаждениях в сухих условиях местопроизрастания не превышают 20 т/га. Самый незначительный запас горючих материалов – в сосняках лишайниковых. Общий запас напочвенного покрова не превышает 15 т/га, а на прогоревших участках он снижается до 11 т/га. Основную часть запаса напочвенных горючих материалов составляют подстилка и опад, а на долю живого напочвенного покрова приходится не более 30% общего запаса. Живой напочвенный покров в длительно негоревших насаждениях представлен лишайниками рода кладония – кладонией альпийской (*Cladonia alpestris*) и лесной (*C. forest*), по нанопонижениям произрастают зеленые мхи (в основном – мох Шребера (*Pleurozium schreberi*), из кустарничков встречаются толокнянка (*Arctostaphylos uva-ursi*) и брусника (*Rhodococcum vitis-idaea*); травяной покров отсутствует.

Запасы лишайника в негоревших насаждениях определяются, в том числе, и полнотой древостоя; так, на участке полнотой 0,5 его запас составляет $5,6 \pm 1,24$ т/га, что практически в 2 раза превышает запас лишайника в насаждении полнотой 1,1 ($2,9 \pm 0,27$ т/га).

Таблица 4.1

**Запас напочвенного покрова в различных лесорастительных условиях Нижнеангарского таежного района,
x±m_x, т/га/ V, %**

Форма и сила низового пожара	Подстилка	Опад	Живой напочвенный покров					Итого
			мох	лишайник	кустарнички	трава	всего	
<i>ТУМ А₀, А₁, песчаные сухие почвы</i>								
Длительно негоревшие насаждения	$\frac{5,0 \pm 0,40}{27}$	$\frac{5,3 \pm 1,0}{65}$	$\frac{0,6 \pm 0,27}{148}$	$\frac{6,1 \pm 0,84}{48}$	$\frac{2,5 \pm 1,00}{136}$	0	$\frac{9,2 \pm 1,64}{61}$	$\frac{19,6 \pm 2,27}{31}$
Беглый от средней до сильной	$\frac{5,3 \pm 0,87}{50}$	$\frac{2,3 \pm 0,14}{18}$	$\frac{1,3 \pm 0,69}{150}$	-	$\frac{0,3 \pm 0,15}{152}$	$\frac{0,3 \pm 0,08}{78}$	$\frac{2,2 \pm 0,15}{35}$	$\frac{10,8 \pm 2,20}{62}$
<i>ТУМ В₁, супесчаные сухие почвы</i>								
Длительно негоревшие насаждения	$\frac{14,3 \pm 0,27}{6}$	$\frac{6,4 \pm 0,20}{10}$	$\frac{0,4 \pm 0,12}{105}$	-	-	$\frac{0,9 \pm 0,29}{102}$	$\frac{1,3 \pm 0,18}{45}$	$\frac{22,0 \pm 0,11}{2}$
Беглый средний	$\frac{7,1 \pm 0,89}{36}$	$\frac{4,7 \pm 0,57}{34}$	$\frac{1,1 \pm 0,39}{106}$	-	$\frac{0,3 \pm 0,11}{107}$	$\frac{0,6 \pm 0,16}{83}$	$\frac{1,9 \pm 0,44}{66}$	$\frac{13,6 \pm 1,01}{21}$
Беглый сильный	$\frac{7,05 \pm 0,78}{35}$	$\frac{5,35 \pm 0,28}{17}$	-	-	$\frac{0,3 \pm 0,10}{105}$	$\frac{0,31 \pm 0,06}{65}$	$\frac{0,61 \pm 0,03}{19}$	$\frac{12,2 \pm 0,46}{12}$

Окончание табл. 4.1

Форма и сила пожара	Подстилка	Опад	Живой напочвенный покров					итого
			мох	лишайник	кустарнички	трава	Всего	
<i>ТУМ В₂, В₃, С₂, С₃, суглинистые и супесчаные свежие и влажные почвы</i>								
Длительно негоревшие насаждения	<u>33,3±3,17</u> 46	<u>4,3±0,64</u> 67	<u>2,1±0,59</u> 139	-	<u>0,1±0,05</u> 228	<u>1,9±0,43</u> 110	<u>4,1±0,78</u> 94	<u>41,0±2,71</u> 32
Беглый слабый	<u>19,0±3,34</u> 71	<u>10,8±2,07</u> 77	<u>1,9±0,49</u> 103	-	-	<u>1,6±0,23</u> 57	<u>3,5±0,26</u> 30	<u>32,8±1,63</u> 20
Беглый средний	<u>28,0±1,72</u> 26	<u>2,8±0,14</u> 22	<u>0,07±0,022</u> 146	-	-	<u>2,1±0,31</u> 64	<u>2,2±0,30</u> 59	<u>32,9±1,63</u> 21
Беглый сильный	<u>27,5±1,28</u> 20	<u>5,1±0,41</u> 12	<u>0,93±0,32</u> 146	-	-	<u>1,33±0,12</u> 38	<u>2,3±0,35</u> 66	<u>33,5±1,24</u> 16
Устойчивый слабый	<u>16,4±2,80</u> 70	<u>4,4±0,23</u> 20	<u>4,2±2,65</u> 156	-	-	<u>0,4±0,01</u> 2	<u>4,6±2,24</u> 130	<u>25,3±1,75</u> 17
Устойчивый от средней до сильной	<u>8,3±0,19</u> 9	<u>4,9±0,69</u> 57	<u>1,2±0,31</u> 103	-	<u>0,5±0,04</u> 103	<u>0,81±0,20</u> 101	<u>2,2±0,14</u> 27	<u>23,4±2,72</u> 47
Устойчивый сильный	<u>7,2±1,32</u> 78	<u>4,2±0,55</u> 56	<u>0,5±0,28</u> 230	-	-	<u>1,5±0,33</u> 95	<u>2,0±0,60</u> 128	<u>13,4±0,84</u> 27
<i>ТУМ В₄, В₅, С₄, С₅, сырые и мокрые суглинистые почвы</i>								
Длительно негоревшие насаждения	<u>30,0±3,72</u> 79	<u>1,5±1,99</u> 137	<u>5,4±0,64</u> 51	-	-	<u>0,57±0,01</u> 9	<u>5,97±0,63</u> 45	<u>37,4±4,15</u> 64
Устойчивый от слабой до средней	<u>20,4±2,89</u> 57	<u>4,8±0,25</u> 21	-	-	<u>1,0±0,26</u> 103	<u>1,0±0,10</u> 41	<u>2,0±0,36</u> 72	<u>27,1±2,78</u> 41
Устойчивый сильный	<u>6,9±0,79</u> 46	<u>8,6±1,82</u> 85	<u>0,2±0,03</u> 103	<u>1,6±0,40</u> 103	-	<u>5,95±0,01</u> 1	<u>7,6±0,43</u> 22	<u>23,1±2,18</u> 38

На горях живой напочвенный покров представлен в основном мхом – дикранумом многоножковым (*Dicranum undulatum*), за счет чего запасы мха могут увеличиваться. Начинает отрастать брусника, появляются злаки (Poaceae), осока большехвостая (*Carex macroura*), иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*), кошачья лапка (*Antennaria dioica*), полыни обыкновенная и пижмолистная (*Artemisia vulgaris*, *A. tanacetifolia* L.). Однако их общее проективное покрытие не превышает 30%.

Мозаичность напочвенного покрова не выражена. Варьирование запасов по площади после пожаров увеличивается незначительно.

В сосняках мертвопокровных до 90% запаса приходится на подстилку и опад. Живой напочвенный покров не развит. Как правило, он представлен брусникой, кошачьей лапкой, по понижениям рельефа – зелеными мхами: мох Шребера (*Pleurozium schreberi*), перистый (*Muscic*), этажный (*Hylocomium splendens*). После пожаров запасы напочвенного покрова снижаются с 22 до 12–14 т/га.

На сухих песчаных почвах в лишайниковых типах леса после пожаров достоверно уменьшается и мощность подстилки (табл. 4.2). В этих условиях подстилка представлена рыхлым слоем отмершего лишайника и даже беглого пожара достаточно для ее прогорания. Послепожарная подстилка, имеющая меньшую мощность, по запасу, однако, мало отличается от допожарной вследствие ее большей плотности. На супесчаных почвах в мертвопокровных сосняках после воздействия беглых пожаров мощность подстилки достоверно не изменяется, при этом увеличивается степень ее варьирования и уменьшается запас.

В длительно негоревших насаждениях и на участках, пройденных огнем, приуроченных к суглинистым почвам с достаточной и избыточной степенью увлажнения, запасы напочвенного покрова и мощность подстилки, как правило, выше, чем в сухих условиях местопроизрастания. В этих лесорастительных условиях произрастают зеленомошные, разнотравные, долгомошные и сфагновые группы типов леса. В более значительной степени проявляется и мозаичность напочвенного покрова, в том числе за счет большей выраженности нанорельефа (кочки, гряды) и, как следствие, из-за неравномерности прогорания. В результате совокупности факторов, обуславливающих неравномерность просыхания напочвенного покрова и распространения огня, после пожаров коэффициент варьирования запасов субстрата по площади увеличивается. Запасы напочвенного покрова в длительно негоревших насаждениях составляют от 24,8 до 59,4 т/га, в среднем – $33,3 \pm 3,17$ т/га. На участках, пройденных низовыми пожарами беглой формы, запасы напочвенного покрова насчитывают от 24,1 до 40,9 т/га (в среднем – $32,8 \pm 1,63$ т/га), что в 2 раза и более превышает запасы на горях, пройденных устойчивыми пожарами (от 7,3 до 25,3 т/га). В среднем на пройденных сильными устойчивыми пожарами участках запас напочвенного покрова составляет $13,4 \pm 0,84$ т/га.

Таблица 4.2

Мощность подстилки в различных типах условий местопроизрастания Нижнеангарского таежного района

Показатель	ТУМ (почвы)									
	А ₀ , А ₁ (песчаные сухие)		В ₁ (супесчаные сухие)		В ₂ , В ₃ , С ₂ , С ₃ (супесчаные и суглинистые свежие и влажные)			В ₄ , В ₅ , С ₄ , С ₅ (суглинистые сырые и мокрые)		
	Длительно негоревшие насаждения	После беглых пожаров	Длительно негоревшие насаждения	После бег- лых пожа- ров	Длительно негоревшие насаждения	После беглых пожаров	После устой- чивых пожаров	Длительно негоревшие насаждения	После беглых пожаров	После ус- тойчивых пожаров
Мощность, см	1,2±0,13	0,7±0,11	1,3±0,25	1,2±0,27	6,2±0,53	3,4±0,50	2,1±0,34	7,0±0,61	6,1±0,36	2,5±0,36
t _ф при t ₀₅ =2,09	2,94		0,27		3,84		2,16	1,55		7,06
Варьирование мощности, %	55,5	73,4	93,0	110,8	42,0	79,5	95,0	45,6	30,9	78,6

Уменьшение запасов напочвенного покрова в основном происходит за счет прогорания подстилки. На некоторых участках подстилка прогорает полностью и не восстанавливается даже на 7-й год после пожара. Так, в среднем на участках со свежими и влажными суглинистыми почвами запасы подстилки снизились с 33,3 т/га в длительно негоревших насаждениях до 19–28 т/га после воздействия беглых низовых пожаров и до 7,2–7,3 т/га после устойчивых пожаров. Достоверно снижается и мощность подстилок, причем увеличивается степень ее варьирования (см. табл. 4.2).

Запасы опада после воздействия пожаров зачастую увеличиваются до 8–16 т/га уже на следующий после пожара год. Это происходит за счет усохшей хвои, мелкодревесного опада, а также разрастания травяного покрова и появления травяной ветоши.

Видовой состав и степень проективного покрытия лишайникового, мохового и травяно-кустарничкового покрова в длительно негоревших насаждениях определяется типом условий местопроизрастания, рельефом и характеристиками насаждений, в том числе полнотой древостоев, их возрастом и видовым составом.

Обилие видов живого напочвенного покрова и степень проективного покрытия на участках, пройденных огнем, зависят от лесорастительных условий, категории участка, характеристик состояния древостоя, степени прогорания и давности последнего пожара. После пожаров из состава живого напочвенного покрова практически полностью, за исключением понижений нанорельефа и валежника, исчезают зеленые мхи: мох Шребера, перистый (*Music*), этажный (*Hylacomium splendens*); долгомошники – кукушкин лен (*Polytrichum commune*) и сфагновые мхи (*Sphagnum*), доминирующие в насаждениях до воздействия огня. Если древостой сохранил жизнеспособность, в составе напочвенного покрова преобладают различные виды разнотравья и мелкотравья, а также осока большехвостая (*Carex macroura*), злаки (*Poaceae*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*). Из кустарничков встречается брусника (*Rhodococcum vitis-idaea*) и голубика (*Vaccinium uliginosum*). Общее проективное покрытие живым напочвенным покровом составляет 80–100%. Тип леса на пожарищах (горельниках) – разнотравный, осочково-разнотравный, разнотравно-осочковый, возможно голубичный. На горях с полностью погибшим древостоем и на участках прогоревших вырубков разрастаются иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*), вейники наземный (*Calamagrostis epigeios*) и пурпурный (*Calamagrostis purpurea*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), на части гарей доминирует разнотравье. Проективное покрытие живым напочвенным покровом на таких участках, как правило, составляет 100%. Высота вейников может достигать 2 м, а запас – 6 т/га, при запасе его ветоши – 16 т/га (рис. 4.1). Запас хвоща на горях, приуроченных к влажным суглинистым почвам, может достигать 6 т/га. Типы гарей, характерные для та-

ких участков, – кипрейный, вейниковый, хвощовый и мертвопокровный. При этом в данных лесорастительных условиях региона в значительной степени преобладают гари, зарастающие по вейниковому типу.



Рис. 4.1. Зарастание гарей вейниками

При анализе видового состава живого напочвенного покрова и его изменений в пределах одного участка (пробной площади) отмечается синузильность (мозаичность), приуроченность отдельных видов к определенным условиям местопроизрастания (элементам нанорельефа, «окнам» в пологе древостоя или к стенам леса, к другим элементам насаждений и т.д.), а также к степени прогорания напочвенного покрова. Так, злаки разрастаются в основном на наиболее освещенных участках, а мхи – в пониженных элементах нанорельефа, дикранум и маршанция – на участках с прогоревшей до минерального слоя подстилкой, при этом маршанция, как правило, в условиях, характеризующихся избыточной степенью увлажнения.

Вырубки в регионе в основном приурочены к свежим и влажным супесчаным и суглинистым почвам, чаще захламленные, главным образом вейникового, кипрейного или разнотравного типа, и неоднократно пройдены огнем. После пожаров степень захламленности снижается в результате прогорания порубочных остатков.

*
* *

В целом при оценке влияния пожаров на характеристики напочвенного покрова следует отметить следующие моменты.

Запасы напочвенного покрова и мощность подстилок в регионе возрастают с увеличением богатства и влажности почв.

После пожаров в насаждениях наблюдается снижение запасов напочвенного покрова, в том числе живого напочвенного покрова и опада, но в основном за счет сгорания подстилки. Достоверно снижается мощность подстилки, особенно после воздействия устойчивых пожаров, характерных для почв с достаточной степенью увлажнения. Увеличивается и степень варьирования мощности подстилки. Особенно ярко это выражено на почвах с достаточной степенью увлажнения, где запас и мощность подстилки до воздействия огня максимальна.

На сухих песчаных почвах в сосняках мертвопокровных и лишайниковых запасы напочвенного покрова минимальные, особенно на участках, пройденных огнем. Тип гарей – мертвопокровный.

В насаждениях и на гарях, приуроченных к суглинистым почвам с достаточной степенью увлажнения и переувлажненных, запасы напочвенного покрова, как правило, выше, чем на пожарищах в сухих условиях местопроизрастания. В более значительной степени выражена и мозаичность напочвенного покрова за счет большей выраженности нанорельефа и неравномерности прогорания. На участках, пройденных низовыми пожарами беглой формы, запас субстрата выше, чем на гарях, пройденных устойчивыми пожарами.

В длительно негоревших массивах преобладающими типами леса являются зеленомошные, а на переувлажненных участках – долгомошные и сфагновые.

На суглинистых почвах тип леса на пожарищах с сохранившимся древостоем – разнотравный, осочково-разнотравный, разнотравно-осочковый, возможно голубичный. На участках с погибшим древостоем и на участках прогоревших вырубок тип гарей – кипрейный, вейниковый, хвощовый и мертвопокровный. В регионе в значительной степени преобладают гари, зарастающие по вейниковому типу.

В результате проведенных исследований можно предположить, что травяные группы типов леса в Нижнем Приангарье являются производными от моховых, в том числе и вследствие огневого воздействия. В связи с ростом горимости и нарушением территории региона в целом доля травяных групп типов леса и не занятых лесными насаждениями участков возрастает, что постепенно приводит к смещению пика горимости в регионе на весенний период.

4.3. Влияние пожаров на возобновление светлохвойных насаждений

Практически все исследователи светлохвойных лесов отмечали связь их возобновления с пожарами [32, 38, 193, 281, 286, 329, 353, 361]. При этом они указывали на необходимость региональных исследований зависимости лесовозобновления от условий местопроизрастания, характе-

ристик и частоты пожаров. С этой целью изучено возобновление равнинных лесов Средней Сибири [32, 252, 259] и горных лесов [305, 316, 328]. Исследователи указывают на разноплановость последствий лесных пожаров для естественного возобновления насаждений – от полного смыва почв на склонах крутых экспозиций и отсутствия возобновления в результате недостатка обсеменителей (на крупных гарях) или разрастания травяной растительности до смены хвойных пород на лиственные и вспышек численности естественного возобновления при благоприятных условиях.

Если рассматривать естественное послепожарное возобновление с ландшафтных позиций, следует, вероятно, отразить, с одной стороны, влияние пожаров на функции ландшафта в сфере человеческой деятельности и, с другой – рассмотреть особенности влияния территориальной неоднородности ландшафта на лесовозобновительный процесс после пожаров.

Как отмечалось выше, пожары, уничтожая или угнетая моховую и травяно-кустарничковую растительность, уменьшая толщину подстилки, обогащая почву зольными элементами и раскисляя ее, разрушая или повреждая подлесок и предыдущее возобновление, разреживая или истребляя материнский полог, освобождают «экологическую нишу» и подготавливают почву (или субстрат) для последующего лесовосстановления. Естественно, что лесовозобновление после пожаров, если оно протекает успешно, восстанавливает такие функции ландшафта, как ресурсо- и средовоспроизводящие. Следует отметить, что лесовосстановительный процесс во многих лесорастительных условиях тесно связан с пожарами и при их отсутствии не протекает вообще или количество подроста недостаточно [193, 259, 281, 286, 361, 377, 399]. Таким образом, восстановление и непрерывность таких функций ландшафта, как ресурсо- и средовоспроизводящие, во многих лесорастительных условиях для светлохвойных пород, как правило, находятся в прямой зависимости от частоты и интенсивности пожаров. При этом многие исследователи отмечают, что при повторении пожаров чаще естественного «оборота огня», связанном с большой антропогенной нагрузкой, восстановительные ряды нередко становятся дигрессивными [259]: так, в условиях юга Сибири происходит либо смена светлохвойных пород мелколиственными, обычно вегетативного происхождения, или замена насаждений травяной растительностью.

Рассматривая функцию ландшафта по сохранению генофонда геосистемы, следует отметить не только вызываемую пожарами умеренной интенсивности вспышку численности возобновления [193, 259, 281, 286, 361, 399], но и то, что в данных условиях низовые пожары слабой и средней интенсивности, воздействуя как обычный фактор естественного отбора, элиминируют из состава крайние формы и стабилизируют популяцию близких к средним форм древесных растений (см. главу 3), наиболее

приспособленных к данным лесорастительным условиям. В этом случае дальнейшее обсеменение гарей происходит за их счет, и каждое последующее поколение, вероятно, будет более приспособленным к данным условиям местопроизрастания, меняющемуся климату и частоте пожаров. По-видимому, с этой точки зрения низовые пожары слабой и средней интенсивности не только не нарушают функцию ландшафта по сохранению генофонда, но и в какой-то мере совершенствуют генофонд, воздействуют как фактор «движущего» отбора. Кстати, на то, что пожары представляют одну из разновидностей «направленного», «движущего» отбора, указывал С.Н. Санников [281].

Рассматривая воздействие пожаров на возобновление лесных биогеоценозов в территориальном, ландшафтном аспекте, следует отметить, что пожары усиливают территориальную неоднородность (мозаичность) лесных участков [137, 170, 281, 259, 377]. Многие исследователи связывают с частыми лесными пожарами разновозрастность лесов Сибири и неоднородность густоты стояния древостоя [252, 300, 364, 365, 372, 394], приуроченность возобновления в равнинных лесах к «окнам» в древесном пологе [252], большую вариабельность, а следовательно, выраженную синузильность (мозаичность) живого напочвенного покрова [65, 170, 286].

В регионе исследования влияние пожаров на естественное лесовозобновление оценивалось в соответствии с типами условий местопроизрастания (богатством и влажностью почвы), поскольку это один из основных факторов, влияющих на характеристики насаждений, возможность возникновения и распространения пожаров, а также на их последствия. Сложность и недостаточность прогнозирования последствий воздействия огня по типам леса связана с тем, что возрастающий антропогенный пресс на лесные экосистемы региона трансформирует процесс естественного формирования их фитоценотической структуры, в первую очередь это касается травяного и мохового покрова.

В качестве объектов исследования выбраны длительно негоревшие насаждения, пожарища, гари, вырубki, повторно пройденные огнем участки. При исследованиях за основу принята классификация площадей, пройденных пожарами, Н.П. Курбатского [171]. Гарью считали лесные площади, на которых полнота оставшихся после пожара жизнеспособных деревьев составляла менее 0,3; пожарищем – насаждения, пройденные огнем, с полнотой жизнеспособной части древостоя более 0,3 (горельники по И.С. Мелехову).

Как указывалось ранее, в регионе исследований наблюдается приуроченность лесных формаций и типов леса к определенным элементам рельефа и условиям местопроизрастания. Закономерности разграничения насаждений в пределах ландшафта ранее были описаны Л.В. Поповым [257], А.И. Бузыкиным и Л.С. Пшеничниковой [31].

Проведенные исследования указывают на зависимость естественного возобновления и последующего формирования насаждений от типа условий местопроизрастания, групп типов леса, местоположения участка, характеристики насаждений и нарушенных участков лесных земель, а также от вида, формы, силы и повторяемости пожаров, определяющих категорию участков.

Статистические данные о количестве благонадежного подроста и его варьировании на участках, объединенных по типу условий местопроизрастания и характеру нарушенности территории, с использованием материалов 115 обследованных пробных площадей, приведены в табл. 4.3.

Во всех условиях местопроизрастания на пробных площадях, пройденных огнем, возобновление представлено послепожарным поколением, так как допожарный подрост погибает практически полностью. Поскольку основная часть исследованных участков была пройдена огнем в 1996, 2003 и 2006 гг., возраст подроста на большинстве пробных площадей не превышал 10 лет, а высота хвойного подроста – 0,25 м. Исключения составляют экземпляры, приуроченные к пониженным элементам нагорельефа, или подрост, объединенный в густые куртины. В таких случаях подрост сохраняется вследствие повышенной влажности почвенного покрова.

Тип условий местопроизрастания A_0, A_1 – почвы песчаные очень сухие и сухие. В борových экотопах на сухих песчаных почвах (на аллювиальных песках и повышенных элементах рельефа) естественное лесовосстановление в насаждениях и на гарях происходит без смены пород. Благонадежного подроста зачастую недостаточно для успешного лесовосстановления.

Пожары создают благоприятные условия для поселения подроста вследствие снижения конкуренции с древостоем и другими ярусами растительности, прогорания подстилки, изменения почвенных условий и светового режима [254, 439, 286]. В среднем в длительно негоревших насаждениях количество благонадежного подроста составляет 0,8 тыс. экз./га, а в пройденных огнем насаждениях – 17 тыс. экз./га.

При полной гибели древостоев на гарях количество благонадежного подроста составляет около 9 тыс. экз./га (табл. 4.3). На участках всех категорий отмечается очень низкий процент благонадежного подроста. Так, в негоревших насаждениях, имеющих высокую полноту, благонадежный подрост отсутствует, а при полноте древостоя 0,5 и общем количестве подроста 46 тыс. экз./га его доля составляет всего лишь 2%; на гари численность благонадежного подроста – 7 тыс. экз./га (12%). В длительно негоревших насаждениях высокой полноты благонадежный подрост тоже часто отсутствует. В среднем в низкополнотных древостоях доля благонадежного подроста не превышает 2%, а на гарях достигает 12%.

Таблица 4.3

**Характеристика лесовозобновления в различных лесорастительных условиях
Нижнеангарского таежного района**

Показатель	Категории участков						
	Контроль (длительно негоревшее насаждение)	Пожарище (горельник)	Гарь			Вырубка	
			без смены пород (площадь менее 50 га или участки вблизи со стеной леса)	со сменой пород	без возоб- новления (чаще вей- никовые)	без воздействия огня	пройденная огнем
<i>ТУМ А₀, А₁, песчаные очень сухие и сухие почвы</i>							
Состав насаждений	10С	10С	10С	-	-	-	-
Кол-во жизнеспособ- ного подроста, тыс. экз. га ⁻¹	0,8±0,22	17,0±0,46	9,1±1,41				
V, %	148	15	85				
<i>ТУМ В₁, супесчаные сухие почвы</i>							
Состав насаждений	9С1Б	7С1Л1Б1Ос+К	10С+Б, Ос	-	-	9С1Лц	
Кол-во жизнеспособ- ного подроста, тыс. экз. га ⁻¹	0,16±0,028	37,3±5,3	1,5±0,32*			25,0±3,2	-
V, %	94	78				61	
<i>ТУМ В₂, В₃, С₂, С₃, супесчаные и суглинистые свежие и влажные почвы</i>							
Состав насаждений	4П2С2Е1К1Л+Б, Ос	4С2Л2Б2Ос+Е, П	4Л2С2Б1П1Ос+Е	5Б5Ос+Л	ед. Б, Ос	7Б2Л1Ос+Е	7С2Л1К+Ос, Б
Кол-во жизнеспособ- ного подроста, тыс. экз. га ⁻¹	23,2±4,25	24,5±3,78	14,96±1,57	62,6±14,60		44,3±8,23	6,3±1,67
V, %	100	96	68	140		93	143
<i>ТУМ В₄, В₅, С₄, С₅, суглинистые сырые и мокрые почвы</i>							
Состав насаждений	5ЕЗП1К1Б	9Л1П	6П1Л1Ос1Б	ед. Б	ед. Б	-	10Б
Кол-во жизнеспособ- ного подроста, тыс. экз. га ⁻¹	7,2±1,19	10,9±1,60	17,4±4,1				183,9±19,17*
V, %	90	73	130				

85

Примечание. Данные приведены без учета всходов; «-» участки отсутствуют либо занимают менее 5% площади региона;

V – коэффициент вариации жизнеспособного подроста по пробным площадям.

* Исследована одна пробная площадь.

Тип условий местопроизрастания В₁ – почвы супесчаные сухие. В сосняках брусничных и мертвопокровных на супесчаных сухих почвах в составе подроста появляются лиственница, береза, на части участков – единично кедр. Количество благонадежного подроста в контроле (длительно негоревших насаждениях) составляет 0,2 тыс. экз./га, а на пройденных пожарами участках с сохранившимся древостоем многократно увеличивается и превышает 37 тыс. экз./га. На гарях количество благонадежного подроста недостаточное для успешного лесовосстановления (1,5 тыс. экз./га), что можно объяснить конкуренцией с живым напочвенным покровом, представленным в основном злаками и имеющим проективное покрытие более 60%. Доля благонадежного подроста составляет от 13 до 26%.

Низкую долю жизнеспособного подроста, свойственную рассмотренным условиям местопроизрастания, можно объяснить бедностью и сухостью почв, конкуренцией с древостоем и другими компонентами насаждений, в первую очередь за влагу и питание. С возрастом доля благонадежного подроста уменьшается. Характер размещения подроста на участках, пройденных пожарами, как правило, равномерный. Однако в насаждениях с высокой полнотой подрост приурочен к «окнам» полога древостоя.

В условиях местопроизрастания на песчаных и супесчаных почвах возобновившиеся вырубki, заросшие нижние склады, ложбины представлены практически чистыми сосновыми молодняками, с небольшой примесью лиственницы (рис. 4.2). Густота таких молодняков – от 10 тыс. до 40 тыс. экз./га в возрасте 15–20 лет, подрост характеризуется высокой степенью благонадежности (более 80%).



Рис. 4.2. Естественное лесовозобновление на песчаных почвах

Тип условий местопроизрастания B_2 , B_3 , C_2 , C_3 – почвы супесчаные и суглинистые свежие и влажные. Для данных условий местопроизрастания характерны зеленомошная и травяные группы типов леса. Насаждения приурочены к более пологим элементам рельефа, к свежим и влажным супесчаным и суглинистым почвам. Древостои, как правило, смешанные, с преобладанием светлохвойных пород (чаще сосново-лиственничные) и характеризуются более высоким классом бонитета по сравнению с насаждениями борových экотопов. По мнению А.И. Бузыкина и Л.С. Пшеничниковой [31], господствующая в Среднем Приангарье зеленомошная группа типов леса служит ареной сложных взаимоотношений светлохвойных, темнохвойных и мягколиственных пород и различных смен пород под специфическим влиянием пожаров.

Успешность естественного лесовосстановления и состав подроста, а также его качественные характеристики на участках, приуроченных к супесчаным и суглинистым свежим и влажным почвам, определяются рядом факторов, в их числе: принадлежность участка к определенным условиям местопроизрастания; тип леса или гари (вырубки); количественные и качественные характеристики напочвенного покрова, прежде всего видовой состав и проективное покрытие живым напочвенным покровом; давность пожара и его характеристики. Подрост, как правило, смешанный, причем в его составе присутствуют все лесообразующие породы региона (см. табл. 4.3).

В длительно негоревших насаждениях в составе благонадежного подроста преобладают темнохвойные породы, в основном пихта. Естественное возобновление протекает успешно, количество молодого поколения составляет в среднем 23 тыс. экз./га. После воздействия пожаров при сохранении древостоем жизнеспособности или если на участках гарей с погибшим (вырубленным) древостоем не разрастаются злаки и хвощи количество подроста достаточное (от 25 тыс. экз./га в насаждениях, пройденных огнем, до 15 тыс. экз./га на гарях). В составе преобладает подрост светлохвойных пород, присутствуют береза и осина, иногда темнохвойные породы.

В случае полной гибели древостоев на гарях, если до пожара в составе насаждений присутствовали береза или осина, может наблюдаться смена хвойных пород на мелколиственные. Возможно поселение большого количества осинового и березового подроста вегетативного происхождения – от 16 тыс. до 128 тыс. экз./га. На обследованных участках его количество составляет в среднем 63 тыс. экз./га (рис. 4.3).

Осиновый подрост отличается низкой жизнеспособностью, в возрасте 7–10 лет доля благонадежного составляет не более 16%. Это свидетельствует о том, что данные лесорастительные условия в регионе не являются оптимальными для произрастания осины. У березового подроста доля благонадежных экземпляров превышает 90%. Так, на пожарище

в сосновом насаждении произрастает большое количество (28 тыс. экз./га) осинового подроста, его возраст – 7 лет, высота – 1–2 м. Однако весь подрост относится к категории неблагонадежного, поврежден листоедом, а верхушки веток засохли. Под осиной поселился густой подрост хвойных пород (сосны, ели, лиственницы и пихты). Количество соснового подроста достигает 83,5 тыс. экз./га, из них 66,5 тыс. экз./га приходится на благонадежный. Несмотря на то, что на участке есть густой осиновый подрост вегетативного происхождения, который обогнал в росте возобновление хвойных пород, дальнейшее формирование насаждений будет происходить без смены пород. Следует сказать о том, что густой подрост мелколиственных пород препятствует разрастанию трав и задержанию почвы. Под образовавшимся пологом создаются благоприятные условия для подроста темнохвойных пород, а в отдельных случаях, например при отмирании осинового подроста, – сосны и лиственницы. В дальнейшем хвойные породы выходят в основной полог и средневозрастные 40–80-летние насаждения имеют смешанный состав с участием всех лесобразующих пород региона. Такие насаждения отличаются высокой густотой и наиболее устойчивы к возникновению и развитию пожаров.

На участках крупных гарей, а также на гарях по вырубкам или гарях по гарям при разрастании вейников естественное возобновление практически отсутствует (рис. 4.4). Такая же закономерность, т.е. отсутствие подроста, отмечается и при разрастании других злаков, осок или хвоща, а также в случае густого (со 100%-м проективным покрытием) разрастания кипрея. Трудности поселения и развития подроста здесь определяются конкурентными взаимоотношениями с травянистыми растениями, задержанием почвы, неблагоприятными аллелопатическими воздействиями [32, 39, 244, 254]. Подрост на таких гарях либо отсутствует, либо представлен единичными экземплярами мелколиственных пород вегетативного происхождения, процессы лесовосстановления затруднены, растянуты во времени, а при повторном прогорании возможно преобразование данных участков в пустыри и их переход из категории лесных в нелесные.

Вырубки в этих условиях местопроизрастания возобновляются, как правило, со сменой пород на мелколиственные. На прогоревших вырубках, если не происходит разрастания вейников, количество благонадежного подроста составляет в среднем 6 тыс. экз./га, а в его составе преобладает подрост светлохвойных пород, чаще сосны.



Рис. 4.3. Естественное лесовозобновление со сменой пород на мелколиственные



Рис. 4.4. Вейниковые гары

Следует отметить, что на части исследованных площадей сосна доминирует в послепожарном подросте даже на тех участках, где в составе древостоев до пожара или рубки и среди оставшихся жизнеспособными деревьев преобладала лиственница. Распространению лиственницы сибирской препятствуют ее морфологические и физиологические особенности (тяжелая пыльца, партеноспермия, ослабленный подрост из семян, завязавшихся от самоопыления). Если жизнеспособные деревья лиственницы сибирской удалены друг от друга на несколько десятков метров, естественное возобновление, как правило, отсутствует из-за затруднения перекрестного опыления [96, 190, 254, 259, 329, 400]. Однако в случае, когда после воздействия пожаров остаются группы лиственниц из нескольких деревьев или одиночные плодоносящие деревья расположены друг от друга на расстоянии не более 30 м, наблюдается успешное ее поселение [38].

На крупных гарях выживают, как правило, единичные деревья лиственницы, приуроченные к повышенным элементам рельефа. Соответственно, в составе подроста преобладает лиственница, а меньшее количество поселившегося соснового подроста на гарях связано с практически полной гибелью сосны после сильных пожаров и отсутствием обсеменителей (см. табл. 4.3). При этом практически на всех пробных площадях

лиственничный и сосновый подрост характеризуется высокой степенью благонадежности – от 70 до 100%.

В случае успешного лесовозобновления после воздействия пожаров насаждения зеленомошной группы типов леса, до пожара чаще всего сосново-лиственничные, переходят в разнотравную группу типов леса, как правило, с преобладанием сосны, за счет меньшего повреждения сосновых деревьев после устойчивых пожаров и ее более успешного по сравнению с лиственницей послепожарного поселения.

Тип условий местопроизрастания B_4 , B_5 , C_4 , C_5 – почвы суглинистые сырые и мокрые. В длительно негоревших темнохвойных насаждениях, произрастающих в логах, в составе подростa, как правило, преобладают темнохвойные породы – ель и пихта, иногда значительную долю составляют мелколиственные. Количество благонадежного подростa – в среднем 7,2 тыс. экз./га. После пожаров слабой и средней интенсивности, если древостой сохранил жизнеспособность, в составе подростa преобладает лиственница. Количество благонадежного подростa превышает 10 тыс. экз./га. При отсутствии задернения в составе подростa на горях преобладают пихта и мелколиственные породы. Молодое поколение в этом случае характеризуется хорошими качественными характеристиками и достаточным количеством (более 17 тыс. экз./га). Незначительную долю лиственничного подростa можно объяснить прежде всего тем, что оставшиеся единичные лиственницы не могут обеспечить участки гарей достаточным количеством жизнеспособных семян. Однако большинство пройденных огнем лесных площадей в этих условиях представлено горями вейникового типа. На таких участках подрост чаще отсутствует или представлен единичными экземплярами порослевой березы.

В целом проведенные исследования показали, что на значительной части исследованных участков Нижнеангарского таежного района наблюдается неравномерное, групповое или куртинное размещение подростa. Это связано с приуроченностью подростa к «окнам» полога древостоя, а на нарушенных площадях объясняется тем, что он селится в тех местах, где отсутствуют злаки, осоки, хвощ. Не встречается подрост в куртинах голубики и багульника болотного. Кроме того, наблюдается гибель поселившегося светлохвойного подростa, расположенного вблизи синузий (латок) осок или злаков, вследствие задернения почв и аллелопатического воздействия.

Во всех лесорастительных условиях региона на участках крупных гарей вдали от стен леса наблюдается уменьшение количества поселившегося подростa из-за разрастания травяного покрова и отдаленности источников обсеменения. Кроме того, захламленность гарей способствует заселению большого количества мышевидных грызунов, которые

уничтожают семенной запас [61]. Ход естественного возобновления в этих случаях чаще неудовлетворительный. И наоборот, повсеместно наблюдается увеличение количества подроста под защитой стен жизнеспособного древостоя или групп сохранившихся деревьев на расстоянии, примерно равном высоте этих древостоев. Данная закономерность связана не столько с более успешным обсеменением, но и, прежде всего, с лучшими условиями для поселения подроста вследствие притенения и меньшего задернения таких участков. В дальнейшем поселившийся подрост будет создавать благоприятные условия для последующих поколений подроста. Если процесс лесовозобновления пойдет по этому пути, то на участках крупных гарей будут формироваться не разновозрастные, а разновозрастные древостои, подобно процессам восстановления лесов, описанным В.Н. Грибановым для сухих сосняков Алтая. Формированию разновозрастных древостоев способствует также более успешное поселение и рост подроста в «окнах» полога древостоев и лучшее выживание густых куртин и групп молодых поколений при последующих пожарах.

*

* *

Согласно результатам исследования, успешность лесовосстановления в Нижнеангарском таежном районе определяется особенностями лесорастительных условий, повторяемостью пожаров и их характеристиками, а также площадью гари. Большое значение имеет степень богатства и влажности почв, допожарные и послепожарные характеристики насаждений и нарушенных участков лесных земель, в первую очередь состав древостоя, количественные и качественные характеристики напочвенного покрова.

На характеристики напочвенного покрова и их послепожарную динамику значительное влияние оказывают принадлежность участков лесных земель к определенным почвенно-грунтовым условиям, категория участка, тип леса, характеристики пожаров.

Запасы напочвенного покрова в насаждениях на сухих песчаных и супесчаных почвах достоверно меньше, чем на участках с суглинистыми почвами с достаточной и избыточной степенью увлажнения.

Пожары, как правило, уменьшают запасы напочвенного покрова, причем после воздействия пожаров устойчивой формы они достоверно ниже, чем после беглых низовых пожаров.

Крупные гари в регионе зарастают чаще по вейниковому типу. Также значительная доля площади гарей на участках лесных земель с достаточной степенью увлажнения приходится на кипрейный и разнотравный, а на сухих песчаных почвах – на мертвопокровный, сухотравный, сухокустарниковый и полыневый типы гарей.

В результате воздействия пожаров в регионе увеличивается доля травяных групп типов леса.

В насаждениях, пройденных низовыми пожарами слабой и средней силы, естественное лесовосстановление часто успешное, без смены пород, на суглинистых почвах в составе подроста увеличивается доля светлохвойных пород, в большинстве случаев сосны.

На участках крупных гарей наблюдается ухудшение условий для поселения подроста, прежде всего в результате разрастания злаков, в основном вейников, осок и хвоща.

В сосновых насаждениях лишайниковых и мертвопокровных групп типов леса естественное лесовозобновление протекает без смены пород. Большая часть соснового подроста нежизнеспособна.

Естественное лесовозобновление на гарях и вырубках на суглинистых почвах зачастую протекает со сменой пород на мелколиственные. В случае зарастания нарушенных участков вейником естественное лесовосстановление затруднено – до полного отсутствия подроста на значительной части исследованных площадей.

Повторные пожары уничтожают поселившийся подрост, а последующее его поселение на крупных гарях становится возможным только после длительного периода и только в том случае, если участок вновь не будет пройден огнем.

5. ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ЛЕСООБРАЗОВАНИЕ СВЕТЛОХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Процессу лесообразования светлохвойных насаждений посвящено большое количество работ. Термин «лесообразование» очень часто встречается в работах Г.Ф. Морозова [224, 226]. Определение такого явления, как лес, и разработку своего «Учения о лесе» он основывал на концепции взаимодействия факторов лесообразователей. Г.Ф. Морозов писал, что «...все факторы лесообразования можно объединить в 6 групп: 1) внутренние жизненные лесоводственные или экологические свойства древесных пород, 2) географическая среда, грунт, рельеф и почва, 3) само лесное сообщество или совокупность социальных явлений, которые раз появились или создались и влияют уже дальше как факторы лесообразования, 4) животный мир, 5) вмешательство человека и 6) историко-географические причины» [224].

Лесообразование различными авторами понимается как процесс формирования, развития, разрушения, смены пород и поколений в целом, сукцессий лесных биогеоценозов под воздействием абиотических, биотических и антропогенных факторов [362]. Динамика лесных фитоценозов в основе своей сукцессионна. По определяющим их факторам, причинам и последствиям сукцессии очень разнообразны, поэтому лесной покров значительных территорий представлен многообразием сопряженных сукцессионных и возрастных состояний фитоценозов [34].

Многие авторы отмечают большую роль пожаров в формировании светлохвойных насаждений [1, 32, 55, 58, 98, 106, 121, 169, 174, 193, 208, 209, 212, 250, 259, 311, 316, 319, 321, 335, 342, 353, 354, 361, 375, 377, 399, 432]. Юг Средней Сибири также был охвачен этими исследованиями в основном по физико-географическим зонам: южная тайга [32, 259, 328, 351, 362, 377]; подтайга горно-таежные леса [106, 373]; лесостепные территории [178, 254]. В последние десятилетия в связи с потеплением климата [23, 75, 274, 323, 386, 406], усилением засух [323], ростом антропогенных нагрузок, нарастанием степени нарушенности территорий, увеличением парникового эффекта, изменившимися социально-экономическими условиями, повышением частоты пожаров и горимости лесов появляется необходимость дополнительных исследований данной проблемы. Особую актуальность на юге Сибири такие исследования имеют в регионах, отличающихся наибольшей степенью горимости. К таким регионам относятся южные степные боры, вследствие засушливых климатических и природных условий и высокой антропогенной нагрузки; Нижнее Приангарье, характеризующееся на юге Красноярского края наивысшей степенью нарушенности из-за интенсивных рубок и пожаров, а также в результате усиления засух в последние десятилетия. В склады-

вающихся лесопожарных условиях, по-видимому, меняется характер воздействия огня на формирование насаждений. Сам фактор огня в лесу заслуживает более детального изучения во временном, региональном, территориальном и компонентном аспектах. Необходима оценка популяционно-генетических последствий пожаров [285].

В данной главе рассматривается процесс формирования светлохвойных насаждений Нижнего Приангарья в целом. Отмечая справедливость установленных перечисленными авторами зависимостей и закономерных связей роста и формирования светлохвойных насаждений с низовыми пожарами для региона исследований, основное внимание уделяется вопросам, получившим меньшее освещение в литературе. В частности, характеристике огня как фактора формирования насаждений; региональным и территориальным особенностям воздействия низовых пожаров на формирование светлохвойных лесов; влиянию пожаров на структуру популяций. Разделы настоящей главы, посвященные данным вопросам, хотя и обособлены, но в то же время взаимосвязаны между собой.

5.1. Огонь как фактор формирования светлохвойных насаждений

Согласно методическому положению данной работы о ландшафтном подходе в исследованиях, при котором под географическим ландшафтом подразумевается природный комплекс определенной территории без исключения из него человеческого общества с соответствующими инфраструктурами, лесные пожары следует относить к факторам и процессам, не отделимым от ландшафта в целом и от его динамики. Поэтому многие лесопирологические показатели закономерно включают в себя две составляющие: природную и антропогенную. Соотношение этих показателей меняется во времени в пользу последней.

Определение пожара как мощного фактора гибели, восстановления и формирования лесов [169], географизм пожаров [209] в совокупности с мнением многих авторов о длительной эволюции светлохвойных лесов в связи с пожарами [281, 319] позволяет сопоставить изменения климата в прошлом [23] и настоящем [75, 274, 406] с развитием светлохвойных формаций.

Неоднократные оледенения Евразии в четвертичном периоде, чередующиеся с межледниковыми эпохами, к которым можно отнести и современный период, сопровождались смещением физико-географических зон [23, 356]. Отмечаются и не такие значительные колебания климата, тем не менее сказывающиеся на размещении границ зон (подзон) и высотных поясов (подпоясов), в том числе и в современный период, в связи с усиливающимся в последние десятилетия потеплением климата [386]. Это находит подтверждение в изменении лесохозяйственного районирования в регламентирующих документах [230, 261]. До недавнего времени во многих источниках говорилось о похолодании климата [23, 32, 149, 277].

При ожидаемом потеплении климата пожары могут стать катализатором изменений растительности. Возможно, они будут вызывать более резкие трансформации, чем те, которые можно ожидать исходя из скорости отклика самой растительности на изменения температуры воздуха и степени доступности влаги. По мнению ряда исследователей, пожары являются более важным фактором, определяющим территориальную устойчивость и миграцию растительных видов, чем прямое воздействие изменения климата [4].

В связи с проявлениями географизма пожаров, по И.С. Мелехову [209], для чистых сосновых насаждений и сосновых насаждений с примесью лиственницы в целом для территории Сибири характерно следующее:

- 1) более длительный и напряженный пожарный сезон;
- 2) приуроченность плотности народонаселения к районам распространения сосновых лесов (южная, в том числе – Приангарье, частично средняя тайга, подтайга, низкогорные районы, лесостепи и степи);
- 3) расположение основных площадей сосновых и лиственнично-сосновых насаждений в южной и средней тайге, в основном на склонах световых экспозиций, а в низкогорьях гор юга Сибири и частично в лесостепи – нередко на склонах теневых экспозиций; лиственничные массивы встречаются в северной и средней тайге и более высоких подпоясах горной тайги (горные районы Республики Тыва и Забайкалья);
- 4) смена темнохвойной тайги светлохвойными лесами на склонах теневых экспозиций и остепнение склонов южных экспозиций в результате пожаров, наблюдаемые на южной границе распространения сосновых лесов при потеплении климата.

Сопоставление колебаний климата с развитием светлохвойных формаций, на наш взгляд, является дополнительным основанием считать пожары одним из важных факторов филогенеза светлохвойных насаждений. При высотных и широтных смещениях растительности светлохвойные леса оставались в лесопожарных условиях одного порядка. В отличие от равнинных территорий Западной Сибири, в Средней и Восточной Сибири, с более выраженным рельефом, происходило не столько смещение границ зон и подзон в меридиональном направлении, сколько подъем и опускание границ высотных поясов и подпоясов. Это обстоятельство свидетельствует в пользу гипотезы о центре формирования здесь сосново-лиственничных и лиственнично-сосновых лесов.

Более мелкий временной масштаб касается формирования светлохвойных насаждений в связи с пожарами в процессе онтогенеза изучаемых насаждений. Естественная частота пожаров, по оценке разных авторов, проводивших исследования в различных регионах, для сосняков – от 35 до 87,2 лет [121]. Особенно важен, на наш взгляд, первый после появления возобновления и начала роста древостоев межпожарный ин-

тервал. Рост повторяемости пожаров (один раз в 10 лет и чаще), характерный для регионов со значительной антропогенной нагрузкой, приводит к гибели появляющегося возобновления и ставит лесные насаждения на грань неизбежного вымирания, переводя популяции главных лесообразующих пород в разряд дигрессивных. Данная закономерность отмечалась многими исследователями [166, 259, 376]. При повторяемости пожаров, близкой к естественной, и умеренной их интенсивности, пожары выступают как обычный фактор естественного отбора (см. главу 3) и не нарушают функции ландшафта как объекта человеческой деятельности (см. главы 3 и 4). В этих случаях огонь в лесу выступает как эволюционный, периодически действующий фактор развития светлохвойных насаждений, о чем писали многие исследователи [55, 186, 281, 286, 319].

В целом пожары в светлохвойных насаждениях могут рассматриваться как обычный экологический фактор. При влиянии пожаров на светлохвойные насаждения действует закон толерантности (лимитирующего фактора) Либиха-Шелфорда. При определенных условиях пожары оказывают оптимальное воздействие на появление, развитие и формирование светлохвойных насаждений. Крайности в интенсивности горения препятствуют формированию светлохвойных насаждений. Например, при слишком высокой интенсивности пожара уничтожается древостой и на участках крупных гарей затрудняется лесовосстановление; при низкой интенсивности пожара непрогоревшая лесная подстилка и дернина препятствуют появлению всходов. То же нужно сказать и о повторяемости пожаров. При длительном отсутствии огня в лесу накапливается большое количество горючих материалов, что при последующих пожарах может привести к гибели древостоев. Кроме того, отсутствует необходимое послепожарное раскисление почв, что в совокупности с накоплением мощного субстрата и задернением препятствует поселению и выживанию новых поколений и зачастую приводит к смене светлохвойных на темнохвойные и мягколиственные породы. При повторяемости пожаров намного чаще естественной величины возобновление отсутствует. Ряды сукцессий – дегрессивно-демутационные по Л.В. Попову [259].

Наблюдаемая в текущий период отчетливая тенденция к росту частоты пожаров и их повторяемости (возможно до ежегодных) характерна для травяных типов леса, расположенных в непосредственной близости от населенных пунктов и дорог, ленточных боров и нарушенных участков лесных земель практически во всех лесных районах юга Сибири. При частой повторяемости пожаров всходы, самосев и мелкий подрост рано или поздно обречены на вымирание. Вместе с тем после низовых пожаров слабой и средней интенсивности нередко наблюдается сохранение групп и куртин подроста и самосева, чаще на пожарищах с ярко выраженной мозаичностью условий местопроизрастания, а следовательно, и

выраженной синузильностью. Выживание подростка в этом случае связано с различными сроками пожарного созревания отдельных участков лесных земель и с различным количеством горючих материалов. Нередко такие группы и куртины подростка приурочены к местам, достаточно сильно прогоревшим при предыдущем пожаре и за счет этого освобожденным от горючих материалов. Такая приуроченность подростка характерна для участков с более богатыми и увлажненными почвами. В насаждениях и на горячих в бедных сухих условиях местопрорастания, где подрост приурочен к участкам с меньшей степенью прогорания, послепожарное накопление горючих материалов, как правило, более длительно и вероятность возникновения повторных пожаров снижается. Кроме того, густые группы самосева и подростка аккумулируют снег, формируя на занятой и прилегающей территории глубокий рыхлый снежный покров с повышенным запасом влаги, что приводит к уменьшению глубины промерзания и способствует повышенному содержанию влаги в почве. При этом в летний и осенний периоды группы самосева и подростка слабо препятствуют проникновению влаги в почву и задерживают ее физическое испарение. Наличие фактов сохранения групп и куртин подростка, образующих группово-разновозрастные древостои, описанные А.В. Побединским [252], в складывающихся условиях дает возможность дальнейшего существования светлохвойных насаждений в южной части Сибири. Этот процесс сохранения групп подростка можно усилить рядом организационных и лесохозяйственных мер.

Проведенные исследования показали, что в перегущенных молодняках и жердняках, а также в высокополнотных средневозрастных и приспевающих насаждениях практически повсеместно наблюдается снижение интенсивности пожаров и уменьшение степени их отрицательных воздействий на данные фации. Это также является природным механизмом сохранения лесных экосистем в складывающихся условиях.

5.2. Территориальные особенности воздействия огня на формирование светлохвойных насаждений

Рассмотрим комплекс вопросов, связанных с особенностями влияния пожаров на процессы формирования светлохвойных насаждений в условиях территориальных подразделений разного масштаба по мере их уменьшения: группы типов и типы леса, фации, синузии и парцеллы. Будучи выявленными, эти особенности могут представлять практический интерес в профилактике лесных пожаров, борьбе с ними, использовании полезных свойств огня в лесохозяйственных и экологических целях.

Для выявления пространственных особенностей участия пожаров в формировании светлохвойных насаждений, на наш взгляд, необходима

сравнительная характеристика экологических свойств сосны обыкновенной и лиственницы сибирской, являющихся доминантами светлохвойной лиственнично-сосновой формации регионов исследований.

Большинство авторов лесоводственно-ботанических описаний сосны обыкновенной и лиственницы сибирской – главных лесообразователей светлохвойных лесов – отмечают светолюбие этих видов, у лиственницы в большей степени [255]; их ксерофитность, у лиственницы в меньшей степени [255]; небольшую требовательность к богатству и влажности почв, сосна менее требовательна (сосновые насаждения чаще приурочены к почвам легкого гранулометрического состава, лиственничные – к более тяжелым почвам, но с хорошей аэрацией); способность лиственницы в отличие от сосны произрастать на мерзлотных почвах и ее способность на этих почвах и в заболоченных условиях образовывать дополнительные ярусы корневой системы; близкие размеры, лётные качества семян (разлет семян от десятков до сотен метров) при резко различающейся летучести пыльцы (до сотен километров у сосны [237], а у лиственницы – от десятков до сотен метров, что затрудняет ее перекрестное опыление [96, 190] (см. главу 4); гидрохорность, свойственную обеим породам [184]; пионерный характер заселения и быстрый рост в условиях отсутствия задернения [329]; устойчивость к воздействию пожаров [18, 208, 281, 357]: в подтаежной, лесостепной и горно-таежной зонах лиственница более устойчива (см. главу 3) и с 20 лет может противостоять низовым пожарам умеренной интенсивности, сосна – с 40 лет (в южно-таежной более устойчивой на данном этапе является сосна); успешное послепожарное возобновление [38, 259, 286, 329, 361]; листопадность лиственницы и т.д. Тот факт, что сосна не заходит высоко в горно-таежный пояс, по-видимому, связан с плохим разлетом ее пыльцы при высокой относительной влажности воздуха [185], при увеличении абсолютной высоты ухудшаются качества сосновых семян. Лиственница к относительной влажности воздуха менее чувствительна. Практически всеми исследователями светлохвойных насаждений региона отмечается тесная связь процессов их формирования с пожарами [55, 104, 119, 250, 259, 321, 377].

В недавнем историческом прошлом (3–5 тыс. лет назад) при максимальном продвижении таежной зоны на север [24, 353] на территории Сибири более широко были распространены степные и лесостепные ландшафты, горно-таежный пояс располагался выше над уровнем моря. Перечисленные в сравнении экологические особенности сосны обыкновенной и лиственницы сибирской позволяют с достаточной определенностью говорить о более быстром расселении в последние тысячелетия по территории юга Средней Сибири сосны, чем лиственницы. Это объясняет преобладание площадей сосновых лесов над лиственничными и преобладание в смешанных насаждениях сосны. Пожары играют значительную

роль в пространственном размещении светлохвойных насаждений. Хозяйственное использование огня древним человеком (на границе каменного и бронзового веков в голоцене) [241] приводило к выгоранию в первую очередь долин рек, котловин и склонов южных экспозиций. Изложенные обстоятельства способствовали закреплению за сосновыми лесами коренных мест обитания. По мнению П.М. Ермоленко, на юге Сибири такими местами являются приречные береговые песчаные валы и крутые южные каменистые склоны [106].

Для насаждений с участием лиственницы коренные места обитания – приречные береговые песчаные валы и пригребневые полосы склонов северных экспозиций, откуда идет ее спорадическое расселение вниз по склонам. Массивы чистых лиственничных насаждений приурочены к верхней части лесного пояса горных лесов (Республика Тыва) и к северным территориям. На протяжении примерно последних 3 тысячелетий формирования лесов на территории Сибири произошли изменения в частоте пожаров от естественной – естественной совместно с антропогенной – до антропогенной совместно с естественной (в современный период до ежегодных на конкретных территориях), по В. В. Фуряеву [374], в десятки раз. Эта тенденция будет усиливаться [45, 92, 170] в связи с ростом мощности воздействия на ландшафт такого компонента, как человечество и его деятельность.

Основные положения о влиянии пожаров на формирование светлохвойных лесов по результатам исследований, проведенных на ландшафтной основе многими авторами, изложены в главе 1. В том числе приведены данные по воздействию пожаров на состояние лесов, ход их развития от возобновления до распада древостоя; отпад древостоев; возобновление; формирование структуры и состава насаждений; сукцессии древостоев и других ярусов растительности; усиление мозаичности растительных синузид; на почвы; запасы субстрата и живого напочвенного покрова; на видовой состав. Возникновение, распространение, развитие пожаров и степень их воздействия на насаждения рассмотрены в зависимости от условий местопроизрастания и т.д. С.Н. Санников [280] подчеркивал, что пожары выступают как фактор пирозволюции сосны и лиственницы [288], мощный экологический неперриодический фактор формирования растительности и среды ее обитания. Материалы наших исследований (см. главы 3, 4, 5) в основном согласуются с приведенными в 1-й главе заключениями.

В результате исследований установлено, что процессы формирования светлохвойных насаждений в Нижнеангарском таежном районе прежде всего определяются экологическими требованиями пород, грунтом и почвой (типом условий местопроизрастания), степенью антропогенной нагрузки и в значительной степени зависят от повторяемости пожаров и их характеристик.

Для данного лесного района характерно нарастание площадей нарушенных территорий в результате интенсивной лесозэксплуатации, биотических факторов (энтомовредителей) и пожаров. Большая захлапленность вырубков, шелкопрядников и гарей региона приводит не только к увеличению степени горимости, но и возрастанию отрицательных последствий воздействия огня, до полного отсутствия возобновления на прогоревших площадях.

Как уже говорилось ранее, в настоящее время в Нижнем Приангарье прослеживается отчетливая тенденция к росту частоты пожаров, а следовательно, и их повторяемости (до ежегодных) на участках гарей и вырубков. При такой повторяемости пожаров поселяющиеся всходы, самосев и мелкий подрост рано или поздно обречены на вымирание.

Основной причиной возникновения пожаров в более освоенной южной части региона, характеризующейся наибольшей степенью нарушенности и высокой частотой пожаров, является человек. В этих условиях преобладают лесные земли с травяным покровом и пики горимости приходятся на весенний и осенний периоды пожароопасного сезона. В менее освоенной части региона преобладают зеленомошные насаждения, имеющие повышенную пожарную опасность в летний период, когда и грозовая активность высока [112]. Здесь до сих пор причиной большинства возникших пожаров является грозовая деятельность. Так, с 1996 по 2010 г. в Нижнем Приангарье на долю пожаров от молний ежегодно приходилось 40–45% всех пожаров [112, 155]. Эта тенденция сохраняется и в настоящее время.

Вместе с тем после низовых пожаров умеренной интенсивности довольно часто наблюдается сохранение групп и куртин подроста и самосева. В регионе исследований это более характерно для моховых групп типов леса. Зачастую выживает подрост, произрастающий в пониженных элементах нанорельефа. Выживание подроста в этом случае можно объяснить большей влажностью напочвенного покрова и приуроченностью к переувлажненным условиям долгомошника (кукушкина льна), который препятствует распространению огня.

В сухих условиях местопроизрастания, со свойственной им высокой частотой пожаров и повторяемостью, густой подрост предохраняет формирующиеся сосняки от возникновения пожаров и гибели в молодом возрасте. Кроме того, для данных условий местопроизрастания характерны небольшие запасы напочвенных горючих материалов и более заглубленная корневая система древостоев, что обуславливает устойчивость более взрослых насаждений к огневому воздействию.

Перечисленные ранее экологические особенности сосны обыкновенной и лиственницы сибирской определяют закрепление за этими породами коренных мест обитания. В Нижнем Приангарье наблюдается приуроченность лесных формаций и типов леса к определенным элементам релье-

фа и условиям местопроизрастания (рис. 5.1). Данные факторы определяют структуру и состав фитоценозов, а также в комплексе влияют на возникновение, развитие пожаров и на их последствия – до формирования самостоятельных фаций с особыми рядами сукцессий. Проведенные исследования показали, что коренными местами обитания сосны в Нижнеангарском таежном районе являются приречные береговые песчаные валы и повышенные элементы рельефа с песчаными почвами. Лиственница на территории лесного района приурочена к более пологим элементам рельефа со свежими и влажными суглинистыми почвами, встречается она и на переувлажненных почвах в логах совместно с темнохвойными породами, и на болотах. Закономерности разграничения насаждений в пределах ландшафта ранее были описаны Л.В. Поповым [257], А.И. Бузыкиным и Л.С. Пшеничниковой [31].

В отношении территориального аспекта вопроса о влиянии пожаров на формирование светлохвойных насаждений в изучаемом регионе прежде всего отмечается высокая горимость, характерная для насаждений, приуроченных к сухим условиям местопроизрастания, и территорий со значительной степенью нарушенности. Так, наивысшая степень горимости наблюдается в юго-западной части лесного района, где более длительный период ведется интенсивная заготовка древесины.

По материалам наземных исследований установлено, что степень повреждения древостоев, успешность естественного возобновления и последующего формирования насаждений определяются типом условий местопроизрастания, группой типов леса, местоположением участка, характеристикой насаждений и нарушенных лесных площадей, а также видом, формой, интенсивностью (силой) и повторяемостью пожаров.

Статистические данные по влиянию пожаров на состояние древостоев в различных типах условий местопроизрастания региона в зависимости от возраста древостоев, формы и силы пожаров были представлены в табл. 3.1. В целом результаты исследований свидетельствуют о том, что степень повреждения древостоев после пожаров возрастает с увеличением богатства и увлаженности почв. Данная закономерность связана с нарастанием запасов горючих материалов (см. табл. 4.1) и, соответственно, с усилением интенсивности горения, с более длительным воздействием огня, что способствует развитию низовых пожаров устойчивой формы. Во всех группах типов леса с увеличением силы пожара величина отпада закономерно возрастает.

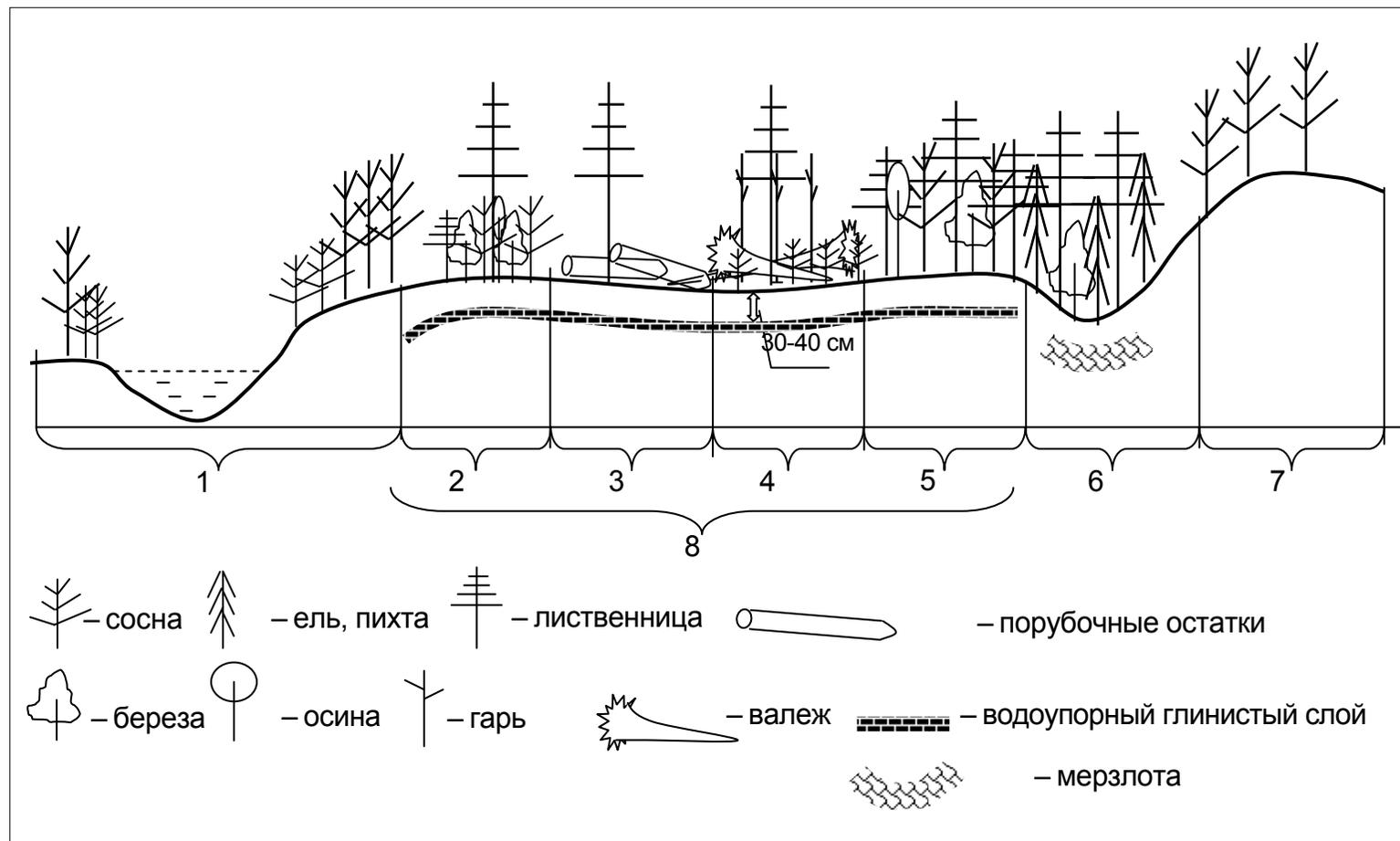


Рис. 5.1. Схема размещения насаждений Нижнего Приангарья по преобладающим породам и группам типов леса:

1 — приречные сосняки лишайникового и мертвопокровного типа; 2 — смешанные молодняки по старым вырубкам и гарям; 3 — невозобновившиеся вырубки; 4 — гарь с вывалом; 5 — эксплуатационные сосново-лиственничные леса на свежих и влажных супесчаных и суглинистых почвах; 6 — лиственничные леса с примесью темнохвойных пород на переувлажненных почвах; 7 — сосняки брусничные на возвышенностях; 8 — зеленомошная и разнотравная группы типов леса

Послепожарный отпад в древостоях после устойчивых низовых пожаров обычно существенно больше, чем при воздействии беглых пожаров. Во всех типах условий местопроизрастания наибольшей устойчивостью к пожарам характеризуются спелые древостои. При этом светлохвойные древостои до 200-летнего возраста не снижают своей пожароустойчивости. В высокополнотных древостоях, вследствие повышенной влажности напочвенного покрова, интенсивность пожара снижается, чаще – до слабой. После пожаров в составе древостоев увеличивается доля светлохвойных пород за счет большего отпада темнохвойных и мелколиственных (см. табл. 3.2). Кроме того, в результате послепожарного лесовосстановления в регионе увеличивается доля светлохвойных (в большей степени – сосны) и мелколиственных пород (см. табл. 4.3).

Рассмотрим влияние пожаров на формирование насаждений в представленных в регионе типах условий местопроизрастания.

Тип условий местопроизрастания A_0, A_1 – почвы песчаные очень сухие и сухие. В борových экотопах на сухих песчаных почвах (на аллювиальных песках и повышенных элементах рельефа) произрастают сосняки лишайниковые и мертвопокровные IV–V классов бонитета. В данных условиях местопроизрастания насаждениям свойственна высокая природная пожарная опасность и, как следствие, частая повторяемость пожаров. Пожары могут возникать в течение всего пожароопасного сезона, но из-за небольшого запаса напочвенных горючих материалов они чаще принимают беглую форму и не наносят значительного вреда древостоям. Однако после сильных пожаров запас напочвенных горючих материалов может снизиться на 3/4. Пожары создают благоприятные условия для поселения и произрастания подроста вследствие снижения конкуренции с древостоем и другими ярусами растительности, удаления огнем верхнего слоя подстилки, улучшения почвенных условий и светового режима. Лесовозобновление происходит без смены пород – за счет сосны. Благонадежного подроста зачастую недостаточно для успешного хода естественного лесовосстановления. Сукцессионные ряды – восстановительные коротко-производные.

Насаждения лишайниковой группы типов леса представлены чистыми сосновыми древостоями IV–V классов бонитета. Запас ствольной древесины во взрослых древостоях в основном не превышает 200 м³/га. Спелые древостои чаще средне- и низкополнотные. Подлесок, как правило, отсутствует. Подрост представлен сосной и, как правило, нежизнеспособный. В напочвенном покрове – лишайники рода кладония. Степень проективного покрытия зависит от полноты насаждения. В низкополнотных насаждениях проективное покрытие лишайниками составляет 100%. В высокополнотных – напочвенный покров мозаичный, в составе появляется мох Шребера (в пониженных элементах нанорельефа), у пристволь-

ных кругов напочвенный покров часто мертвопокровный. Травяной покров не развит. После воздействия пожаров насаждения переходят в мертвопокровные, тип гарей также мертвопокровный.

В сосновых молодняках и средневозрастных насаждениях, часто перегущенных, в результате естественного отбора происходит интенсивный отпад ослабленных деревьев. В случае возникновения пожаров в молодых и средневозрастных насаждениях древостои в основном погибают. Однако хвойные молодняки, имеющие большую густоту и за счет этого характеризующиеся отсутствием живого напочвенного покрова и более влажным субстратом, предохраняют себя от возникновения и воздействия пожаров.

Спелые и перестойные насаждения, приуроченные к данным условиям местопроизрастания, как правило, неоднократно подвергались воздействию пожаров, вследствие чего на большей части деревьев имеются огневые повреждения (подсушины, выгоры, засмоления). Послепожарный отпад в древостоях после воздействия низовых пожаров незначителен. После пожаров наблюдается поселение густого соснового подроста с лучшими качественными характеристиками по сравнению с подростом под пологом длительно негоревших насаждений.

Тип условий местопроизрастания В₁ – почвы супесчаные сухие. Сосняки брусничные и сухотравные приурочены к сухим супесчаным почвам и произрастают на повышенных элементах рельефа. Класс бонитета – IV, иногда – III. Древостои представлены чистыми сосняками, на более богатых почвах возможно участие лиственницы (до 5%), в основном высокополнотные. В подлеске – шиповник, спирея, подрост чаще единичный, иногда куртинный. В более сухих условиях на склонах южных экспозиций преобладает подрост сосны, на некоторых участках с небольшой примесью лиственницы (до 2-х единиц). На более затененных склонах в составе подроста присутствует береза, на части участков – единично кедр. В отсутствие пожаров количество подроста незначительно. В сосняках брусничниковых и сухотравных низовые пожары также чаще характеризуются беглой формой. Степень повреждения древостоев после воздействия низовых пожаров, как правило, незначительна.

Воздействие огня стимулирует естественное возобновление. При сохранении после пожара высокой полноты древостоя наблюдается куртинное размещение подроста, его приуроченность к «окнам» в пологе древостоя. Напочвенный покров не развит. Общее проективное покрытие – от 5 до 20%. Из кустарничков встречается брусника, из трав – кощачья лапка, злаки, боровая матка, ирис русский, по понижениям нанорельефа – мох Шребера. После пожаров тип леса мертвопокровный, однако отмечается снижение запасов опада и подстилки. Спелые насаждения неоднократно подвергались воздействию пожаров, деревья имеют пожарные

подсушины. В связи с этим таким древостоям присуще большое количество ослабленных деревьев.

В целом на сухих бедных почвах возобновление гарей и пожарищ происходит без смены пород. При достаточном количестве подроста и формировании густых молодняков они не подвергаются высокоинтенсивным низовым пожарам и, если в них не развиваются верховые пожары, формируются насаждения, достаточно устойчивые к воздействию огня. В этом случае сукцессионные ряды – восстановительные короткопроизводные.

Вырубки и другие не занятые лесными насаждениями участки земель антропогенного происхождения, ложбины в сухих условиях местопроизрастания зарастают густыми, практически чистыми сосновыми молодняками с небольшой примесью лиственницы.

Тип условий местопроизрастания B_2 , B_3 , C_2 , C_3 – почвы супесчаные и суглинистые свежие и влажные. К данным условиям местопроизрастания приурочены зеленомошная и травяные группы типов леса. Древостои, как правило, смешанные, с преобладанием светлохвойных пород; характеризуются более высокими классами бонитета (II–IV). Полнота спелых древостоев варьирует от 0,6 до 1, чаще встречаются высокополнотные древостои, запас их может превышать 300–400 м³/га. Разнотравные типы леса обычно являются производными от моховых (чаще зеленомошных) в результате пожаров и рубок. В подлеске встречаются шиповник, спирея, рябина, ольха и другие породы. На гарях в составе подлеска появляется ива козья. Живой напочвенный покров в длительно негоревших насаждениях, как правило, имеет 100%-е проективное покрытие; представлен зелеными мхами, осоками, разнотравьем, отдельными видами крупнотравья; из кустарничков встречаются брусника и голубика. У приствольных кругов может формироваться мертвопокровный тип напочвенного покрова. После пожаров из состава живого напочвенного покрова полностью исчезают зеленые мхи, разрастается травяной покров. В разнотравной группе типов леса в составе живого напочвенного покрова практически полностью отсутствуют мхи, а травяной покров часто двухъярусный с 80–100%-м проективным покрытием.

Типы гарей – разнотравные, злаково-разнотравные, вейниковые, кипрейные, кипрейно-осочковые, кипрейно-хвощовые, в случае неполной гибели древостоев разрастаются злаки, осока, разнотравье, достаточно быстро восстанавливается брусника.

На малонаселенных территориях, где преобладают зеленомошные типы леса, основная причина пожаров – грозы. Поскольку повышенная грозовая активность наблюдается летом (в июле), то и возникают такие пожары летом, часто при повышенных классах пожарной опасности по условиям погоды. Огонь в этом случае заглубляется в подстилку, и пожа-

ры развивают устойчивую форму. Нарушенным участкам лесных земель свойственна высокая горимость и частота пожаров. Повторяемость пожаров на крупных гарях может быть и ежегодной. Степень повреждения древостоев зависит от вида, формы пожара и его силы, которые в значительной степени определяются периодом пожароопасного сезона. Для весеннего периода характерны беглые низовые пожары, распространяющиеся в основном на открытых участках и в разнотравных группах типов леса. Устойчивые пожары чаще возникают в летний период и более характерны для зеленомошной группы типов леса.

Последствия пожаров в зеленомошных и травяных типах леса наиболее многовариантны вследствие их широкого экологического ареала. Возможны различные варианты сукцессионных процессов. Восстановительные ряды – от дигрессивных до восстановительных (от длительных – со сменой хвойных пород на мелколиственные, до кратковременных – без смены пород).

В зеленомошной группе типов леса пожары возникают главным образом летом и имеют устойчивую форму. После устойчивых пожаров средней и сильной интенсивности наблюдается практически полная гибель древостоев и вывал деревьев из-за прогорания поверхностных корневых систем, формирующихся в данных условиях даже у светлохвойных пород. В связи с этим для гарей характерна большая степень захламленности, запасы крупного валежника на таких участках могут превышать 250 м³/га, что увеличивает пожарную опасность, а при последующих пожарах усугубляет их отрицательные последствия. Вследствие значительного запаса мертвой древесины гари длительное время прослеживаются по данным спутниковой съемки.

Насаждения разнотравной группы типов леса приурочены к территориям с наибольшей степенью освоенности и высокой горимостью и частотой пожаров, поскольку в результате пожаров и рубок являются производными от насаждений моховых типов леса. Пики горимости на участках земель с травяным покровом наблюдаются в весенний период, пожары чаще беглые, поэтому древостои повреждаются в меньшей степени. На открытых участках, представленных травяными типами, в первую очередь вейниковыми, в связи с высоким запасом травяной ветоши пожары возможны и в летний период.

Как уже было указано в 4 главе, успешность естественного лесовозобновления в значительной степени зависит от типа условий местопрорастания, лесоводственно-таксационных характеристик насаждения или гари (вырубки), площади нарушенного участка, характеристик пожаров и их повторяемости.

В длительно негоревших насаждениях в составе благонадежного подроста преобладают темнохвойные породы (см. табл. 4.3). Естествен-

ное возобновление протекает успешно. В насаждениях, пройденных огнем, с полнотой сохранившегося древостоя более 0,3 количество благонадежного подроста также достаточное, при этом в его составе преобладают светлохвойные породы.

Крупные гари представлены в основном вейниковым типом (их доля в регионе – более 60% общей площади гарей), кроме того, значительную долю занимают кипрейные гари. На участках крупных гарей, а также на гарях по вырубкам при разрастании вейников или других злаков, осок, хвоща, а также в случае обильного (со 100%-м проективным покрытием) разрастания иван-чая естественное возобновление практически отсутствует. Процессы лесовосстановления затруднены, растянуты во времени, а после воздействия повторных пожаров возможна трансформация таких площадей в пустыри и переход участков из категории лесных в нелесные.

В насаждениях, пройденных огнем, отмечается преобладание основного подроста даже на тех участках, где в составе древостоев до воздействия пожаров доминировала лиственница. Гари и вырубки чаще зарастают мелколиственными породами. Густой подрост осины и (или) березы создает благоприятные условия для поселения хвойных пород и в составе средневозрастных древостоев присутствуют все лесообразующие породы региона. Несмотря на то что естественное возобновление гарей и вырубок зачастую происходит мелколиственными породами, взрослые березовые и осиновые насаждения в регионе представлены незначительно. Такие насаждения имеют высокую густоту и наиболее устойчивы к возникновению и развитию пожаров.

В результате процессов послепожарного лесообразования и зарастания вырубок в условиях местопроизрастания, характерных для зеленомошной и разнотравной групп типов леса, светлохвойные насаждения (до пожара, как правило, сосново-лиственничные) переходят в насаждения разнотравной группы типов леса с преобладанием сосны.

Тип условий местопроизрастания В₄, В₅, С₄, С₅ – почвы суглинистые сырые и мокрые. Насаждения долгомошной и сфагновой групп типов леса приурочены к почвам с избыточным увлажнением на пониженных элементах рельефа, как правило к логам и болотам. В древостоях преобладают темнохвойные породы или лиственница. На таких участках наблюдается самая низкая в регионе горимость лесов и частота пожаров, повторяемость воздействия огня составляет около 80 лет. Пожары возникают чаще в летний период и характеризуются устойчивой формой. Последствия пожаров наиболее негативны, часто до полной гибели древостоев. После низовых пожаров средней силы выживают, как правило, единичные деревья лиственницы и куртины темнохвойных пород, приуроченные к понижениям рельефа или произрастающие вблизи ручьев. Гари валежные, сильно захлапленные.

Возможны различные варианты сукцессионных процессов. Восстановительные ряды – от дигрессивных до восстановительных, часто длительные со сменой хвойных пород на мелколиственные.

В логах древостои в основном разновозрастные, смешанные, III–IV классов бонитета, двухъярусные. Первый ярус чаще представлен крупными перестойными лиственничными деревьями. Второй ярус, как правило, густой, и в нем доминируют темнохвойные породы, значительную долю в составе занимают пихта и ель, иногда встречается береза. Наибольший запас в таких древостоях имеет лиственница, которая в насаждениях, приуроченных к логам, представлена более старшими поколениями деревьев по сравнению с темнохвойными и мелколиственными породами. Поскольку после воздействия пожаров в этих условиях выживают именно лиственничные деревья, можно предположить, что и крупные перестойные лиственницы являются деревьями, выжившими после пожаров в прошлом.

Подлесок развит, в его составе встречаются жимолость, смородина красная и черная, можжевельник, шиповник, рябина, бузина, спирея средняя. Размещение подлеска равномерное, густота средняя. На гарях в составе подлеска появляются ива козья и малина.

Проективное покрытие живого напочвенного покрова – 100%. Отмечается достаточно сильно выраженная синузильность (мозаичность) живого напочвенного покрова, связанная, прежде всего, с изменением нанорельефа, который в этих условиях местопроизрастания достаточно выражен. Наиболее часто встречающиеся элементы – кочки, гряды. Проективное покрытие мхов составляет, как правило, 100%. К повышению рельефа приурочены зеленые мхи, к понижениям – долгомошники и сфагновые мхи. Из кустарничков преобладают голубика и багульник болотный, произрастающие куртинами, на части пробных участков, расположенных вблизи болот, – кассандра.

Типы гарей – вейниковые, кипрейные, кипрейно-осочковые, кипрейно-хвощовые, в случае неполной гибели древостоев на горельниках разрастаются осока, разнотравье, достаточно быстро восстанавливаются кустарнички.

В длительно негоревших насаждениях, произрастающих в логах, в составе подроста преобладают темнохвойные породы – ель, пихта, значительную долю составляет подрост мелколиственных пород. В насаждениях, пройденных пожарами, в составе подроста доминирует лиственница. На участках гарей при отсутствии задернения лесовосстановление успешное. Однако крупные гари чаще зарастают по вейниковому типу, и на таких участках подрост отсутствует или представлен единичными экземплярами порослевой березы.

Возможны процессы заболачивания участков крупных гарей или преобразование лесопокровных земель в пустыри.

Сфагновые, осоково-сфагновые и осоковые болота занимают в регионе незначительные площади. Древесная растительность может состоять из редкостойных лиственниц V класса бонитета. В подлеске встречается ерник. На моховых болотах проективное покрытие мхами составляет 100%. Преобладают сфагновые мхи и долгомошники, по повышению рельефа – зеленые мхи; из кустарничков могут встречаться голубика и багульник болотный, кассандра, из трав – сабельник болотный, осоки и другие виды. На осоковых болотах проективное покрытие осокой составляет 100%. Из-за большой степени увлажненности горимость данных территорий и частота пожаров низкие. После воздействия пожаров практически всегда происходит полная гибель древостоев, а естественное возобновление затруднено.

*

* *

В Нижнеангарском таежном районе прослеживается связь возникновения, распространения и развития пожаров и их последствий с почвенно-грунтовыми условиями (богатством и увлажненностью почв), типами леса, а также со степенью антропогенной нагрузки. Наибольшая частота пожаров и горимость лесов характерна для насаждений, произрастающих в сухих условиях местопроизрастания и на территориях со значительной степенью нарушенности. Наиболее негативные последствия после воздействия пожаров отмечаются в насаждениях, приуроченных к суглинистым почвам с достаточной и избыточной степенью увлажнения.

В последние десятилетия в Нижнем Приангарье на участках лесных земель, испытывающих наибольшую антропогенную нагрузку, наблюдается смена светлохвойных сосново-лиственничных и лиственнично-сосновых насаждений преобладающей зеленомошной группы типов леса на насаждения травяных типов леса с увеличением в составе доли сосны. Это происходит за счет большей устойчивости сосны к воздействию устойчивых низовых пожаров и более успешного, по сравнению с лиственницей, послепожарного возобновления. Вероятно, в дальнейшем в данных условиях будут преобладать сосновые и лиственнично-сосновые насаждения травяных групп типов леса, что сейчас характерно для более южных регионов.

На территориях со значительной степенью нарушенности (на участках крупных гарей и вырубках) возможны необратимые процессы с длительными эколого-динамическими восстановительными сменами (дигрессивными сукцессиями), которые сопровождаются развитием дернового процесса. В регионе это связано прежде всего с зарастанием гарей вейником. Высокая захламленность гарей и вырубков крупным валежником

также может привести к усугублению последствий огневого воздействия при последующих пожарах. Вследствие повторных прогораний естественное возобновление на нарушенных участках лесных земель отсутствует или затруднено.

В условиях потепления климата прогнозируется преобразование лесного покрова, сдвиг границы зон растительности, их существенное перемещение на север, а также изменение их площадей [378]. Значительную роль в этом процессе играют пожары растительности, которые ускоряют данный процесс. Представленные материалы свидетельствуют, что под воздействием лесных пожаров в Нижнем Приангарье наблюдается сокращение площади лесных земель за счет трансформации крупных участков гарей в пустыри. Наблюдается тенденция наступления подзоны травяных подтаежных лесов на подзону южной тайги, отмеченная еще в 1982 г. Л.В. Поповым. Это выражается в смене светлохвойных сосново-лиственничных и лиственнично-сосновых насаждений преобладающей зеленомошной группы типов леса на насаждения травяных типов леса с увеличением в составе доли сосны. Насаждения с преобладанием сосны переходят на более пониженные и пологие, по сравнению с традиционно коренными, элементы рельефа.

Можно предположить, что смена зеленомошной и долгомошной групп типов леса на травяные является своеобразным природным механизмом (приспособлением) сохранения лесных экосистем Нижнего Приангарья в складывающихся климатических условиях при современной антропогенной нагрузке. Это обусловлено тем, что вследствие преобладания участков лесных земель с травяным покровом пик пожарной опасности с летнего периода сдвинулся к весеннему и чаще возникают беглые пожары, которые наносят меньший ущерб древостоям.

Кроме того, природным механизмом сохранения лесов на данном этапе является высокая густота молодых поколений насаждений, их куртинное и групповое расположение, которое предохраняет от возникновения лесных пожаров, а в отдельных случаях и от их гибели при прохождении огня.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лесные пожары в светлохвойных насаждениях Нижнего Приангарья целесообразно относить к факторам и процессам, не отделимым от лесных ландшафтов в целом и их динамики. Многие лесопирологические показатели закономерно включают две составляющие: природную и антропогенную, тесно взаимосвязанные между собой, соотношение между которыми меняется в пространстве и во времени.

В отношении региона исследований следует говорить о большей горимости и частоте пожаров в сосновых насаждениях, приуроченных к сухим условиям местопроизрастания, а также на территориях со значительной степенью нарушенности; об увеличении горимости лесов и частоты пожаров в последние десятилетия в связи с климатическими и антропогенными факторами.

Пожарам свойственна многовариантность их характеристик и последствий, которые также носят вероятностный характер. Наиболее многовариантные последствия пожаров в регионе характерны для зеленомошной группы типов леса.

В Нижнем Приангарье наблюдается четкая приуроченность типов леса к определенным элементам рельефа и условиям местопроизрастания (степени богатства и увлаженности почв). Данные факторы определяют структуру и состав фитоценозов и в комплексе влияют на возникновение (в том числе на повторяемость) и развитие пожаров и на их последствия в фитоценозах – до формирования самостоятельных фаций с особыми рядами сукцессий.

Пожары формируют состав и структуру насаждений в зависимости от лесорастительных условий, степени антропогенной нагрузки, лесопожарных особенностей территории и специфики самих пожаров.

В условиях наблюдающегося потепления, а следовательно, и иссушения климата наряду с возрастанием частоты возникновения пожаров, увеличением их интенсивности и горимости лесов происходит преобразование лесного покрова и смещение границ зон и подзон, а также поясов и подпоясов растительности. Значительную роль в этом процессе играют пожары растительности, которые ускоряют данный процесс.

Представленные материалы свидетельствуют, что под воздействием лесных пожаров в Нижнем Приангарье происходит сокращение лесных площадей за счет трансформации крупных участков гарей в пустыри. Наблюдается тенденция «наступления» подзоны травяных подтаежных лесов на подзону южной тайги. Это выражается в смене светлохвойных

сосново-лиственничных и лиственнично-сосновых насаждений преобладающей зеленомошной группы типов на насаждения травяных типов леса с увеличением в составе доли сосны. Насаждения с преобладанием сосны переходят на более пониженные и пологие элементы рельефа по сравнению с традиционно коренными.

Смена преобладающих моховых групп типов леса на травяные является своеобразным природным механизмом сохранения лесных экосистем Нижнеангарского таежного района в складывающихся в регионе лесопожарных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Леса Красноярского Заполярья / А.П. Абаимов, А.И. Бондарев, О.А.Зырянова, С.А. Шитова. – Новосибирск: Наука, 1997. – 207с.
2. Абаимов, А. П. Мерзлотное лесоводство / А.П. Абаимов, П.М. Матвеев. – Красноярск, 1999. – 249 с.
3. Абаимов, А.П. Леса мерзлотной зоны Сибири: особенности, природная и антропогенная динамика / А.П. Абаимов // Структурно-функциональная организация и динамика лесов : матер. Всерос. конф., посвященной 60-летию Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН и 70-летию образования Красноярского края (1–3 сентября 2004 г., Красноярск). – Красноярск, 2004. – С. 244–246.
4. Аболин, Р.И. Растительность и почвы Лено-Вилюйской равнины / Р.И. Аболин // Очерки по фитоценологии и фитогеографии. – М., 1929. – С. 63–87.
5. Авров, Ф.Д. Экология и селекция лиственницы / Ф.Д. Авров // Проблемы региональной экологии. – Томск: СО РАН, 1996. – Вып. 7. – 213 с.
6. Алексеев, С.В. Очистка лесосек в практике лесного хозяйства / С.В. Алексеев, А.А. Молчанов. – Архангельск: Севкрайиздат, 1937. – 125 с.
7. Алексеев, С.В. Сплошные рубки на Севере / С.В. Алексеев, А.А. Молчанов. – Архангельск: Севкрайиздат, 1938. – 136 с.
8. Алисов, Б.П. Климат СССР / Б.П. Алисов. – М.: МГУЛ, 1956. – 127 с.
9. Амосов, Г.А. Некоторые закономерности развития лесных низовых пожаров / Г.А. Амосов // Возникновение лесных пожаров. – М.: Наука, 1964. – С. 152–183.
10. Андреев, Ю.А. Население и лесные пожары в Нижнем Приангарье / Ю.А. Андреев. – Красноярск, 1999. – 94 с.
11. Анучин, Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – 5-е издание. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
12. Арефьева, З.Н. Влияние огня на некоторые биохимические процессы в лесных почвах / З.Н. Арефьева // Тр. ин-та биол. УФАН СССР, вып. 36: сб. ст. – Свердловск, 1963.
13. Арефьева, З.Н. Динамика аммиачного и нитратного азота в лесных почвах Зауралья при высоких и низких температурах / З.Н. Арефьева, Б.П. Колесников // Почвоведение. – 1964. – № 3. – С. 30–43.
14. Арефьев, С.П. Гнилевые болезни сосны сибирской в лесах Среднего Прииртышья : автореф. дис. ... канд. биол. наук / С.П. Арефьев. – Свердловск, 1990. – 21 с.
15. Артемьев, А.И. О предварительном лесовозобновлении в северотаежных сосняках-брусничниках / А.И. Артемьев, В.Г. Чертовской // Современные исследования типологии и пирологии леса. – Архангельск, 1976. – С. 10–19.
16. Атлас Красноярского края и Республики Хакасии. – Новосибирск, 1994. – 83 с.
17. Арцыбашев, Е.С. О влиянии пожаров на лесные экосистемы / Е.С. Арцыбашев // Пожары в лесных экосистемах Сибири : сб. ст. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2008. – С. 89–91.
18. Атлас лесов СССР. – М.: ГУГК СССР, 1973. – 222 с.

19. Балбышев, И.Н. Сравнительная пожароустойчивость древесных пород таежной зоны / И.Н. Балбышев // Лесные пожары и борьба с ними. – М., 1963. – С. 114–136.
20. Белов, С.В. Лесоведение / С.В. Белов. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 350 с.
21. Бобринев, В.П. Экологические последствия лесных пожаров в Байкальском бассейне / В.П. Бобринев, Л.Н. Пак // Пожары в лесных экосистемах Сибири. – Красноярск: СО РАН, 2008. – С. 94–96.
22. Боровиков, Г.А. Очерк растительности восточного Заангарья / Г.А. Боровиков // Труды почвенно-ботанической экспедиции по исследованию колониз. районов Азиатской России. – СПб., 1912. – Ч.2. – 93 с.
23. Будыко, М.И. Влияние человека на климат / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 47 с.
24. Будыко, М.И. Изменения климата / М.И. Будыко. – Л.: Гидропромиздат, 1974. – 280 с.
25. Будыко, М.И. Современное изменение климата / М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 47 с.
26. Будыко, М.И. История атмосферы / М.И. Будыко, А.Б. Ронов, А.Л. Яшин. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 210 с.
27. Бузыкин, А.И. Сосновые леса и лесовосстановительные процессы в бассейне р. Уды (Бурятская АССР) / А.И. Бузыкин // Лесоводственные исследования в лесах Сибири. – Красноярск, 1963. – С. 30–51.
28. Бузыкин, А.И. К вопросу учета подроста и самосева / А.И. Бузыкин, А.В. Побединский // Тр. ИЛИД СО АН СССР. – Т.57. – 1963. – С. 185–191.
29. Бузыкин, А.И. Влияние низовых пожаров на сосновые леса Среднего Приангарья / А.И. Бузыкин // Охрана лесных ресурсов Сибири. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1975. – С.141–153.
30. Бузыкин, А.И. Формирование смешанных молодняков из сосны и лиственных пород / А.И. Бузыкин, Л.С. Пшеничникова // Процессы формирования насаждений в Сибири. – Красноярск, 1975. – С.84–105.
31. Бузыкин, А. И. Влияние пожаров на лесные фитоценозы и свойства почв / А.И. Бузыкин, Э.П. Попова // Продуктивность сосновых лесов. – М., 1978. – С. 5–44.
32. Бузыкин, А.И. Формирование сосново-лиственных молодняков / А.И. Бузыкин, Л. С. Пшеничникова. – Новосибирск, 1980. – 175 с.
33. Бузыкин, А.И. Теория лесообразовательного процесса / А.И. Бузыкин // Тез. докл. Институт леса и древесины СО АН СССР. – Красноярск, 1991. – С. 19–21.
34. Лесообразование в системе динамики лесных биогеоценозов / А.И. Бузыкин, Т.М. Овчинникова, Л.С. Пшеничникова, В.Г. Суховольский // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: матер. всерос. конф. – Красноярск : ИЛ СО РАН, 2009. – С. 42–45.
35. Буряк, Л.В. Актуальные типологические аспекты лесопожарной профилактики / Л.В. Буряк, А.Г. Лузганов, П.М. Матвеев // Профилактика и тушение лесных пожаров. – Красноярск, 1998. – С. 65–72.

36. Буряк, Л.В. Роль лесных пожаров в формировании лиственничных и сосновых популяций на юге Средней Сибири / Л.В. Буряк, А.Г. Лузганов, К.Г. Петрухина // Профилактика и тушение лесных пожаров. – Красноярск, 1998. – С. 208–213.
37. Буряк, Л.В. Роль низовых пожаров в формировании светлохвойных насаждений юга Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Л.В. Буряк. – Красноярск, 1999. – 26 с.
38. Буряк, Л.В. Влияние пожаров на возобновление светлохвойных насаждений Юга Средней Сибири / Л.В. Буряк, О.П. Каленская // Охрана лесов от пожаров в современных условиях. – Хабаровск, 2002. – С. 174–178.
39. Влияние низовых пожаров на формирование светлохвойных насаждений юга Средней Сибири / Л.В. Буряк, П.М. Матвеев, А.Г. Лузганов, О.П. Каленская. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – 195 с.
40. Буряк, Л.В. Лесообразовательный процесс в нарушенных пожарами светлохвойных насаждениях юга Сибири: автореф. дис... д-ра с.-х. наук: 06.03.02 / Л.В. Буряк. – Красноярск, 2015. – 37 с.
41. Ваганов, Е.А. Пожары сибирской тайги / Е.А. Ваганов, В.В. Фуряев, А.И. Сухинин // Природа. – 1998. – № 7. – С. 51–62.
42. Валендик, Э.Н. Шкалы пожарной опасности для лесов Красноярского края / Э.Н. Валендик // Лесные пожары и борьба с ними. – М.: Наука, 1963. – С. 31–67.
43. Валендик, Э.Н. Об интенсивности лесных пожаров / Э.Н. Валендик, Р.В. Исаков // Прогнозирование лесных пожаров. – Красноярск : ИЛИД СО АН СССР, 1978. – С. 40–55.
44. Валендик, Э.Н. Условия развития пожаров / Э.Н. Валендик // Крупные лесные пожары. – М.: Наука, 1979. – С. 4–26.
45. Валендик, Э.Н. Крупные лесные пожары / Э.Н. Валендик, П.М. Матвеев, М.А. Софронов. – М.: Наука, 1979. – 198 с.
46. Валендик, Э.Н. Борьба с крупными лесными пожарами / Э.Н. Валендик. – Новосибирск: Наука, 1990. – 192 с.
47. Валендик, Э.Н. Экстремальные пожароопасные сезоны в бореальных лесах Средней Сибири / Э.Н. Валендик, Г.А. Иванова // Лесоведение. – 1996. – № 4. – С. 12–19.
48. Валендик, Э.Н. Управляемый огонь в лесном хозяйстве Сибири / Э.Н. Валендик // Лесное хозяйство. – 1998. – № 1. – С. 51–53.
49. Управляемый огонь на вырубках в темнохвойных лесах / Э.Н. Валендик, В.Н. Векшин, С.В. Верховец [и др.]. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2000. – 209 с.
50. Контролируемые выжигания на вырубках в горных лесах / Э.Н. Валендик, В.Н. Векшин, Г.А. Иванова [и др.]. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2001. – 172 с.
51. Валендик, Э.Н. Пожарные режимы в лесах Сибири и Дальнего Востока / Э.Н. Валендик, Г.А. Иванова // Лесоведение. – 2001. – № 4. – С. 69–79.
52. Валендик, Э.Н. Научная концепция охраны бореальных лесов от пожаров / Э. Н. Валендик // Структурно-функциональная организация и динамика лесов. – Красноярск: СО РАН, 2004. – С. 21–23.

53. Валендик, Э.Н. Влияние низовых пожаров на устойчивость хвойных пород / Э.Н. Валендик, А.И. Сухинин, И.В. Косов. – Красноярск, 2006. – 96 с.
54. Валендик, Э.Н. Пожароуправление в лесах / Э.Н. Валендик // Региональные проблемы экосистемного лесоводства. – Красноярск: изд-во СО РАН, 2007. – С. 223–224.
55. Валендик, Э.Н. Пожары как постоянно действующий природный фактор в бореальных лесах Евразии / Э.Н. Валендик // Пожары в лесных экосистемах Сибири. – Красноярск: СО РАН, 2008. – С. 15–18.
56. Валендик, Э.Н. Пожароуправление как элемент экосистемного управления лесами / Э.Н. Валендик // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса. – Красноярск: СО РАН, 2009. – С. 239–242.
57. Вальков, В.Ф. Почвоведение / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Москва – Ростов-на-Дону, 2006. – 495 с.
58. Васильев, Я.Я. Леса и лесовозобновление в районах Братска, Илимска и Усть-Кута / Я.Я. Васильев // Тр. СОПС АН СССР. Сер. сибирская. – Вып. 2. – Л.: изд-во Академии наук СССР, 1933. – 111 с.
59. Верховцев, Е.П. Леса Тувинской автономной области и их народнохозяйственное значение / Е.П. Верховцев // Тр. Сиб. технол. ин-та. – Вып. 22. – Красноярск, 1959.
60. Верхунов, П.М. Генезис и возрастное строение современных сосновых лесов Сибири / П.М. Верхунов // Лесоводственные исследования в лесах Сибири. – Красноярск, вып. 2. – 1970. – С. 58.
61. Владышевский, Д.В. Экология лесных птиц и зверей (кормодобывание и его биоценотическое значение) / Д.В. Владышевский. – Новосибирск: Наука, 1980. – 260 с.
62. Войнов, Г.С. Прогнозирование отпада в древостое после низовых пожаров / Г.С. Войнов, М.А. Софронов // Современные исследования типологии и пирологии леса. – Архангельск, 1976. – С. 134–142.
63. Волокитина, А.В. Пирологическая оценка типов леса Красноярского Приангарья / А.В. Волокитина // Лесные пожары и борьба с ними. – М., 1987. – С. 104–116.
64. Волокитина, А.В. Среднемасштабное картографирование растительных горючих материалов в Нижнем Приангарье / А.В. Волокитина // География и природные ресурсы. – 1995. – № 2. – С. 146–152.
65. Волокитина, А.В. Картографирование лесных горючих материалов / А.В. Волокитина, М.А. Софронов // Ландшафтные методы лесного картографирования. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1987. – С. 49–61.
66. Волокитина, А.В. Классификация растительных горючих материалов / А.В. Волокитина, М.А. Софронов // Лесоведение. – 1996. – № 3. – С. 38–44.
67. Волокитина, А.В. Классификация и картографирование растительных горючих материалов / А.В. Волокитина, М.А. Софронов. – Новосибирск: СО РАН, 2002. – 314 с.
68. Волокитина, А.В. Прогнозирование поведения низовых пожаров на основе карт растительных горючих материалов / А.В. Волокитина, М.А. Софронов. – Красноярск, 2005. – 42 с.

69. Вонский, С.М. Интенсивность огня низовых лесных пожаров и ее практическое значение / С.М. Вонский. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1957. – 52 с.
70. Определение природной пожарной опасности в лесу : Методические рекомендации / С.М. Вонский, В.А. Жданко, В.И. Корбут [и др.]. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1981. – 51 с.
71. Войнов, Г.С. Прогнозирование отпада в древостое после низовых пожаров / Г.С. Войнов, М.А. Софронов // Современные исследования типологии и пирологии леса: сб. ст. – Архангельск, 1976. – С. 115–121.
72. Вялых, Н.И. Запас горючих материалов в лесах европейского севера / Н.И. Вялых, А.А. Звонкова // Горение и пожары в лесу: тез. докл. – Красноярск, 1984. – С. 46–48.
73. Галахов, Н.Н. Микроклиматические наблюдения в районах Среднего Приангарья и бассейна Верхней Лены / Н.Н. Галахов // Ботанический журнал. – 1955. – Вып. 64. – С. 160–172.
74. Галахов, Н.Н. Влияние рельефа и экспозиции на ход осенних фитофеноявлений / Н.Н. Галахов // Ботанический журнал. – 1956. – Т.41. – № 11. – С. 55–65.
75. Галахов, Н.Н. Почвы / Н.Н. Галахов // Средняя Сибирь. – М.: Наука, 1964. – С. 83–132.
76. Ганешин, С.С. Ангаро-Илимский край. Предварительный отчет о ботаническом исследовании в Сибири и Туркестане в 1909 г. / С.С. Ганешин. – Спб., 1912. – 120 с.
77. Гвоздецкий, Н.А. Физическая география СССР / Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Михайлов. – М.: Мысль, 1978. – С. 32–330.
78. Гирс, Г.И. Проблема устойчивости хвойных растений к воздействию высокой температуры / Г.И. Гирс // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1973. – С. 197–206.
79. Гирс, Г.И. Физиология ослабленного дерева. – Новосибирск: Наука, 1982. – 255 с.
80. Горшков, В.В. Динамика восстановления лесной подстилки в бореальных сосновых лесах после пожаров / В.В. Горшков, Н.И. Ставрова, И.Ю. Баккал // Лесоведение. – 2005. – № 3. – С. 37–45.
81. Главацкий, Г.Д. Горимость лесов Красноярского края / Г.Д. Главацкий // Профилактика и тушение лесных пожаров. – Красноярск, 1998. – С. 38–46.
82. Главацкий, Г.Д. Экологическое лесоохранное образование / Г.Д. Главацкий, А.Г. Цыкалов, Ю.А. Михалев // Непрерывное экологическое образование. – Красноярск, 1998. – С. 30–34.
83. Гордина, Н.П. Пространственная структура и продуктивность сосняков Нижнего Енисея / Н.П. Гордина. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1985. – 128 с.
84. Гричук, М.П. К истории растительности в бассейне Ангары / М.П. Гричук. – ДАН СССР, 1955. – Т.102. – № 2. – С. 33–338.
85. Гричук, М.П. Результаты палеоботанического изучения четвертичных отложений Приангарья / М.П. Гричук // Ледниковый период на территории европейской части СССР и Сибири. – М., 1959. – С. 442–497.

86. Гулисашвили, В.З. Опыты по изучению влияния огня на возобновление леса / В.З. Гулисашвили // Исследования по лесоводству. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1931. – С. 79–136.
87. Дажо, Р. Основы экологии / Р. Дажо. – М.: Прогресс, 1975. – 416 с.
88. Данилов, М.Д. Лесоводственное значение иван-чая / М.Д. Данилов // Сб. работ Поволжского лесотехнического ин-та. – Йошкар-Ола: Маргосиздат, 1937. – Вып.1. – С. 76–92.
89. Данилов, Д.Н. Периодичность плодоношения и географическое размещение урожаев семян хвойных пород / Д.Н. Данилов. – М.; Л., 1952. – 59 с.
90. Диченков, Н.А. Географичность запасов лесных горючих материалов / Н.А. Диченков // Лесохозяйственная информация. – 1992. – № 5. – С. 33–35.
91. Дорошенко, А.В. О влиянии климата на температуру воздуха под пологом леса / А.В. Дорошенко // Экология и продуктивность лесных биогеоценозов. – Владивосток, 1979. – С. 66–70.
92. Душа-Гудым, С.И. О противопожарном устройстве лесов СССР / С.И. Душа-Гудым // Современные исследования типологии и пирологии леса. – Архангельск, 1976. – С. 108–115.
93. Душа-Гудым, С.И. Закономерности пространственно-временного распределения лесных пожаров в РСФСР и повышение эффективности охраны лесов : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.И. Душа-Гудым. – М., 1984. – 18 с.
94. Дылис, Н.В. Сибирская лиственница / Н.В. Дылис. – М., 1947. – 135 с.
95. Дылис, Н.В. О самоопылении и разносе пыльцы у лиственницы / Н.В. Дылис // Доклады АН СССР. – 1948. – Вып. 4. – Т. 40. – С. 673–676.
96. Дылис, Н.В. Лиственница Восточной Сибири и Дальнего Востока / Н.В. Дылис. – М.: АН СССР, 1961. – 209 с.
97. Евдокименко, М.Д. Жизнеспособность деревьев после низового пожара / М.Д. Евдокименко // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск, 1974. – С. 167–196.
98. Евдокименко, М.Д. Огневые повреждения сосняков рододендроновых в Забайкалье / М.Д. Евдокименко // Проблемы лесной пирологии. – Красноярск, 1975. – С. 207–220.
99. Евдокименко, М.Д. Влагосодержание лесных горючих материалов в горной тайге бассейна оз. Байкал / М.Д. Евдокименко // Характеристика процессов горения в лесу. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1977. – С.112–134.
100. Евдокименко, М.Д. Пирологическая характеристика горной тайги в бассейне оз.Байкал // Охрана и восстановление лесов Забайкалья. – Красноярск: ИЛИДСО АН СССР, 1977б. – С. 5–55.
101. Евдокименко, М.Д. Микроклимат древостоев и гидротермический режим почв в сосновых лесах Забайкалья после низовых пожаров / М.Д. Евдокименко // Горение и пожары в лесу. – Часть II. Лесные пожары и их последствия. – Красноярск, 1979. – С. 130–139.
102. Евдокименко, М.Д. Динамика лесной подстилки в сосняках Забайкалья после низовых пожаров / М.Д. Евдокименко // Роль подстилки в лесных биогеоценозах. – М.: Наука, 1983. – С. 62.

103. Евдокименко, М.Д. Влияние лесных пожаров на продуктивность древостоев / М.Д. Евдокименко // Продуктивность лесных фитоценозов. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1984. – С.56–65.
104. Евдокименко, М. Д. Совершенствовать противопожарную охрану лесов в бассейне озера Байкал / М.Д. Евдокименко // Лесное хозяйство. – 1991. – № 1. – С. 50–53.
105. Евдокименко, М.Д. Пирогенные трансформации гидротермического режима почвы в сосновых лесах Забайкалья / М.Д. Евдокименко // Пожары в лесных экосистемах Сибири: Матер. всеросс. конф. с международным участием. – Красноярск, 2008. – С. 122–125.
106. Ермоленко, П.М. Сосновые леса Восточного Саяна / П.М. Ермоленко. – Красноярск: ИЛИД, 1987. – 148 с.
107. Жуков, А.Б. Леса Красноярского края / А.Б. Жуков, И.А. Коротков, В.П. Кутафьев // Леса СССР. – Т. 4. – М.: Наука, 1969. – С. 248–320.
108. Забелин, А.И. Стратегия охраны лесов Красноярского края / А.И. Забелин, Г.Д. Главацкий // Лесное хозяйство. – 1998. – № 1. – С. 49–51.
109. Заблоцкий, В.И. Экологические особенности восстановления ленточных боров Алтая на крупноплощадных гарях: автореф. дис. ...канд. биол. наук / В.И. Заблоцкий. – Новосибирск, 2000. – 15 с.
110. Залесов, С. В. Демутационные процессы на пройденных лесными пожарами площадях / С.В. Залесов, Е.П. Платонов // Охрана лесов от пожаров в современных условиях: сб.ст. – Хабаровск, 2002. – С. 206–209.
111. Захарова, А.Ф. Радиационный режим северных и южных склонов в зависимости от географической среды / А.Ф. Захарова // Учен. Зап. ЛГУ. – 1959. – № 269. – Сер. геогр. – Вып. 13. – С. 3–45.
112. Иванов, А.В. Лесовозобновление гарей в сосняках республики Марий Эл: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / А.В. Иванов. – Йошкар-Ола, 1996. – 20 с.
113. Иванов, В.А. Механизм возникновения лесного пожара от молнии / В.А. Иванов // Сибирский экологический журнал. – 1996. – № 1. – С. 10–107.
114. Иванов, В.А. Оценка возможности возникновения пожаров от гроз / В.А. Иванов, П.М. Матвеев, Н.А. Коршунов // Материалы международной научно-практической конференции. – Хабаровск, 2002. – С.58–62.
115. Иванов, В.А. Пожары от молний в лесах Красноярского Приангарья / В.А. Иванов, Н.А. Коршунов, П.М. Матвеев. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – 132 с.
116. Иванов, В. А. Методологические основы классификации лесов Средней Сибири по степени пожарной опасности от гроз: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.03 / В. А. Иванов. – Красноярск, 2006. – 42 с.
117. Иванов, В.А. Пожары от гроз в лесах Сибири / В.А. Иванов, Г.А. Иванова. – Новосибирск: Наука, 2010. – 164 с.
118. Иванова, Г.А. Лесопожарная роль доминантов напочвенного покрова в сосняках разнотравно-брусничных: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г.А. Иванова. – Красноярск, 1985. – 21 с.
119. Иванова, Г.А. Экстремальные пожароопасные сезоны в лесах Эвенкии // Сибирский экологический журнал. – 1996. – Т. 3. – № 1. – С. 29–34.

120. Иванова, Г. А. Пожарные режимы в лесах Средней Сибири / Г.А. Иванова, В. А. Иванов // Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне: сб. ст. – Хабаровск, 2004. – С. 147–150.
121. Иванова, Г. А. Зонально-экологические особенности лесных пожаров в сосняках Средней Сибири : автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.03.03 / Г.А. Иванова. – Красноярск, 2005. – 40 с.
122. Иванова, Г.А. Зонально-географические особенности пожаров в сосновых лесах Средней Сибири / Г.А. Иванова, А.В. Иванов // Пожары в лесных экосистемах Сибири. – Красноярск: СО РАН, 2008. – С. 132–133.
123. Воздействие пожаров на компоненты среднетаежных сосняков Сибири / Г.А. Иванова, С.Г. Конард, Д.Д. Макрае, И.Н. Безкоровайная, А.В. Богородская [и др.]. – Новосибирск, 2014. – 232 с.
124. Ивашкевич, Б.А. Дальневосточные леса и их промышленное будущее / Б.А. Ивашкевич. – Хабаровск, 1933. – 168 с.
125. Ильичев, Ю.Н. Естественное лесовосстановление на гарях Среднеобских боров / Ю.Н. Ильичев, Н.Т. Бушков, В.В. Тараканов. – Новосибирск, 2003. – 196 с.
126. Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. Утверждена Федеральной службой лесного хозяйства России. – М., 1994.
127. Инструкция по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами. Утверждена Федеральной службой лесного хозяйства России. – М., 1998.
128. Исаев, А.С. Лиственничные горельники в Амурской области как очаги массового размножения стволовых вредителей / А.С. Исаев // Материалы плано-методического совещания по защите зоны Сибири и Урала. – Новосибирск, 1961. – С. 52–76.
129. Исаев, А.С., Низовые пожары в лиственничных лесах Восточной Сибири и значение стволовых вредителей в послепожарном состоянии древостоя / А.С. Исаев, А.И. Уткин // Защита лесов Сибири от насекомых вредителей. – М.: АН СССР, 1963. – С. 118–183.
130. Исаев, А.С. Стволовые вредители лиственницы даурской / А.С. Исаев. – М.: Наука, 1966. – 148 с.
131. Исаев, А.С. Биоценотические особенности динамики численности стволовых вредителей / А.С. Исаев, Е.С. Петренко // Лесоведение. – № 3. – 1968. – С. 56–65.
132. Исаев, А.С. Взаимодействие дерева и насекомых ксилофагов / А.С. Исаев, Г.И. Гирс. – Новосибирск, 1975. – 346 с.
133. Оценка запасов и депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин, А.И. Уткин [и др.] // Лесоведение. – 1993. – № 6. – С.3–10.
134. Ишутин, Я.Н. Влияние лесных пожаров на дерново-подзолистые почвы ленточных боров / Я.Н. Ишутин, И.Т. Трофимов // Почвенно-агрономические проблемы Западной Сибири. – Барнаул, 2000. – С.137–143.
135. Ишутин, Я.Н. Лесовосстановление на гарях в ленточных борах Алтая / Я.Н. Ишутин. – Барнаул: Алтайский университет, 2004. – 112 с.

136. Казанский, А.А. Опыты по изучению влияния огня на возобновления / А.А. Казанский // Исследования по лесоводству. – М.: Сельколхозгиз, 1931. – С. 9–78.
137. Каменецкая, И.В. Сосновые леса юго-западного Приангарья / И.В. Каменецкая, М.М. Михайленко, Е.И. Савин // Типы лесов Сибири. – М.: АН СССР, 1963. – С. 52–108.
138. Киреев, Д.М. Эколого-географические термины в лесоведении / Д.М. Киреев. – Новосибирск: Наука, 1984. – 181 с.
139. Ковалев, Н. А. Эффективность «Авиалесоохраны» в передовых технологиях / Н.А. Ковалев // Пожары в лесных экосистемах Сибири : сб. ст. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2008. – 245 с.
140. Колесников, Б.П. Чозения и ее ценозы на Дальнем Востоке / Б.П. Колесников // Тр. ДВФ АН СССР. Сер. ботан., 1937. – Т. 2. – С. 703–800.
141. Колесников, Б.П. Растительность восточных склонов среднего Сихотэ-Алиня / Б.П. Колесников // Тр. Сихоты-Алиньского гос. заповедника. – 1938. – Вып.1. – С. 25–207.
142. Колесников, Б.П. Лиственничные леса Среднеамурской равнины / Б.П. Колесников. – Владивосток: Промиздат, 1947. – 1980 с.
143. Колесников, Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока / Б.П. Колесников. – М.; Л.: АН СССР, 1956. – Т. 2 (4). – 261 с.
144. Колесников, Б.П. О генетической классификации типов леса и задачах лесной науки в восточных районах страны / Б.П. Колесников // Изв. СО АН СССР. Сер. биол.-мед. наук. – 1958а. – № 4. – С. 3–15.
145. Колесников, Б.П. О генетической классификации типов леса и задачах лесной типологии в восточных районах СССР / Б.П. Колесников. – Изв. СО АН СССР. – 1958б. – № 4. – С. 113–124.
146. Колесников, Б.П. Некоторые закономерности возрастной восстановительной динамики кедровых лесов Зауральского Приобья / Б.П. Колесников, Е.П. Смолоногов // Проблема кедра : тр. по лесному хоз-ву Сибири. – Вып. 6. – Новосибирск: РИО СО АН СССР, 1960. – С. 21–31.
147. Колесников, Б.П. Генетическая классификация типов леса и ее задачи на Урале / Б.П. Колесников // Тр. ин-та биол. УФ АН СССР. – 1961. – Вып. 27. – С. 47–59.
148. Колесников, Б.П. Влияние низового пожара на структуру древостоя и возобновление древесных пород в сосняке-черничнике и бруснично-черничном / Б.П. Колесников, Н.С. Санникова, С.Н. Санников // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1973. – С. 301–321.
149. Кольцова, В.Г. История лесной растительности заповедника “Столбы” в голоцене : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.Г. Кольцова. – Красноярск, 1980. – 21 с.
150. Комин, Г. Е. Влияние пожаров на возрастную структуру и рост северотаежных заболоченных сосняков Зауралья / Г. Е. Комин // Типы и динамика лесов Урала и Зауралья: сб. ст. – Вып. 53. – Свердловск, 1967.
151. Конев, Э.В. Физические основы горения растительных материалов / Э.В. Конев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 239 с.

152. Копанев, И.Д. Прикладные аспекты использования климатической и гидрологической информации для Сибири и Дальнего Востока / И.Д. Копанев, Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 368 с.
153. Коровин, Г.И. Методика расчета некоторых параметров низовых пожаров / Г.И. Коровин // Сб. научн-исслед. работ по лесному хоз-ву. – М.: Гослесбумиздат, 1969. – Вып. 12. – С. 244–262.
154. Коропачинский, И.Ю. Возобновление пожаров на возрастную структуру и особенности возобновления лиственничных лесов на юге Тувы / И. Ю. Коропачинский // Лесной журнал. – 1958. – № 5. – С. 43–47.
155. Коропачинский, И.Ю. Материалы к изучению типов кедрово-лиственничных лесов Восточного Тану-Ола / И.Ю. Коропачинский // Труды Сиб. технол. ин-та. – Сб. 22. – Красноярск, 1959.
156. Коропачинский, И.Ю. Некоторые особенности роста кедра в горах Танну-Ола / И.Ю. Коропачинский // Труды Сиб. технол. ин-т. – Сб. 25. – Красноярск, 1960.
157. Коршунов, Н.А. Лесные пожары от молний на территории Красноярского Приангарья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.А. Коршунов. – Красноярск, 2002. – 26 с.
158. Корчагин, А.А. Влияние пожаров на лесную растительность и восстановление ее после пожаров на Европейском Севере / А.А. Корчагин // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. геоботаника. – М.-Л., 1954. – Вып. 9. – С. 7–149.
159. Кошкарлова, В.Л. Семенные флоры торфяников Сибири / В.Л. Кошкарлова. – Новосибирск : Наука, 1986. – 121 с.
160. Крашенинников, И.М. Основные пути развития растительности южного Урала в связи с палеогеографией северной Евразии в плейстоцене и голоцене / И.М. Крашенинников // Советская ботаника. – 1939. – № 6–7. – С. 67–99.
161. Крашенинников, И.М. Роль и значение ангарского флористического центра в филогении основной группы полыней / И.М. Крашенинников // Материалы по истории флоры и растительности СССР. – М.; Л., 1958. – Т. 3. – С. 64–128.
162. Криштофович, А.Н. Ботанико-географические исследования в области Березового хребта и Балаганской степи в Иркутской губернии / А.Н. Криштофович // Труды почвенно-ботанической экспедиции по исследованию колониз. районов Азиатской России. – Вып. 3. – СПб., 1910. – С. 3–153.
163. Криштофович, А.Н. Очерк растительности Око-Ангарского края / И.М. Крашенинников // Труды почвенно-ботанической экспедиции по исследованию колониз. районов Азиатской России. – Вып. 3. – Ч. 1. – СПб., 1913. – С. 4–184.
164. Крылов, Г.В. Леса Сибири и Дальнего Востока / Г.В. Крылов. – М.: Гослесбумиздат, 1960. – 156 с.
165. Куприянов, А.Н. Восстановление лесных экосистем после пожаров / А.Н. Куприянов, И.Т. Трофимов, В.И. Заблоцкий [и др.]. – Кемерово: Кузбасс, 2003. – 259 с.
166. Куприянов, А.Н. Влияние повторных пожаров на восстановление сосновых насаждений в равнинной части Алтайского края / Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса. – Красноярск: СО РАН, 2009. – С. 102–104.

167. Курбатский, Н.П. Методические указания для опытной разработки шкал пожарной опасности / Н.П. Курбатский. – Л.: ЦНИИЛХ, 1954. – 33 с.
168. Курбатский, Н.П. Техника и тактика борьбы с лесными пожарами / Н.П. Курбатский. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 164 с.
169. Курбатский, Н.П. Проблема лесных пожаров / Н.П. Курбатский // Возникновение лесных пожаров. – М.: Наука, 1964. – С. 5–60.
170. Курбатский, Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов / Н. П. Курбатский // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. – С. 5–58.
171. Курбатский, Н.П. Эффективность защитных минерализованных полос в сосновых молодняках / Н.П. Курбатский, В.В. Фуряев // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1972. – С.140–152.
172. Курбатский, Н.П. Пирологические особенности лесов Н.П. Курбатский // Вопросы лесоведения. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1976. – С. 5–11.
173. Курбатский, Н.П. Охрана лесов от пожаров в районах интенсивного освоения (на примере КАТЭКа) / Н.П. Курбатский, П.А. Цветков. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1986. – 149 с.
174. Курбатский, Н.П. Пожароопасность сосняков лесостепи и пути ее снижения / Н.П. Курбатский, Г.А. Иванова. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1987. – 111 с.
175. Риклефс, Р. Основы общей экологии / Р. Риклефс. – М., 1979. – 424 с.
176. Чебакова, Н.М. Возможная трансформация растительного покрова Сибири при различных сценариях изменения климата : дис. в виде научного доклада / Н.М. Чебакова. – Красноярск, 2006. – 60 с.
177. Кучеровская, С.Е. Растительность Ангаро-Ленского края близ Илимского тракта / С.Е. Кучеровская // Предварительный отчет о ботанических исследованиях в Сибири и Туркестане в 1911г. – СПб., 1912. – С. 33–46.
178. Кушев, С.Л. Рельеф и геологическое строение / С.Л. Кушев, Б.Н. Леонов // Средняя Сибирь. – М.: Наука, 1964. – С. 23–83.
179. Лашинский, Н.Н. Структура и динамика сосновых лесов Нижнего Приангарья : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Н.Н. Лашинский. – Новосибирск, 1981. – 40 с.
180. Леса Красноярского Заполярья / А.П. Абаимов, А.И. Бондарев, О.А. Зырянова, С.А. Шитова. – Новосибирск: Наука, 1997. – 206 с.
181. Леса Среднего Приангарья / А.И. Бузыкин, В.Н. Горбачев, И.А. Коротков [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1977. – 264 с.
182. Леса КАТЭКА как фактор стабилизации окружающей среды / В.В. Протопопов, В.И. Зюбина, А.В. Лебедев [и др.]. – Красноярск, 1983. – 161 с.
183. Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса / И.П. Щербаков, О.Ф. Забелин, Б.А. Карпель [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1979. – 226 с.
184. Лузганов, А.Г. Роль речных бассейнов и ветра в расселении и эволюции лиственниц, кедра сибирского и других древесных пород / А.Г. Лузганов, А.П. Абаимов // Лиственница. – Красноярск, 1977. – Т. VIII. – С. 31–38.
185. Особенности участия сосны и лиственницы в смене пород на Юге Средней Сибири / А.Г. Лузганов, В.Т. Бусоедов, З.В. Ерохина, Л. В. Буряк // Проблемы химико-лесного комплекса. – Красноярск, 1997. – Ч. 1. – С. 12.

186. Лузганов, А.Г. Периодически действующие факторы как возможная причина флуктуаций интенсивности естественного отбора / А.Г. Лузганов, Л.В. Буряк // Непрерывное экологическое образование. – Красноярск, 1998. – С. 103–104.
187. Любавская, А.Я. Конспект лекций по лесной селекции и генетике / А.Я. Любавская. – М.: МЛТИ, 1977. – Ч. I. – 67 с.
188. Любавская, А.Я. Конспект лекций по лесной селекции и генетике / А.Я. Любавская. – М.: МЛТИ, 1978. – Ч. II. – 57 с.
189. Лыткина, Л.П. Влияние пожаров на лесные экосистемы центральной Якутии / Л.П. Лыткина // Пожары в лесных экосистемах Сибири. – Красноярск: СО РАН, 2008. – С. 157–159.
190. Манжос, А.М. Особенности развития женского гаметофита у лиственницы сибирской при перекрестном опылении и переопылении / А.М. Манжос // Докл. АН СССР. – 1963.
191. Марцинковский, Л.А. Состояние хозяйства в Балгазинском бору Тувинской Автономной области / Л.А. Марцинковский // Тр. по лесному хозяйству. – Вып. 2. – Новосибирск, 1955. – С. 65–74.
192. Марцинковский, Л.А. Разработка рациональных методов очистки мест рубок с учетом лесорастительных условий в Красноярском крае (лиственничные и темнохвойные леса) / Л.А. Марцинковский. – Красноярск: СибТИ, 1961. – 532 с.
193. Матвеев, П.М. Последствия пожаров в лиственничных биогеоценозах на многолетней мерзлоте : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / П.М. Матвеев. – Йошкар-Ола, 1992. – 49 с.
194. Матвеев, П.М. Сохранение ресурсного потенциала лесов, улучшающих экологические условия Нижнего Приангарья / П.М. Матвеев // Сырьевые ресурсы Нижнего Приангарья. – Красноярск, 1997. – С. 187–189.
195. Матвеев, А.М. Профилактика вспышки весенних лесных пожаров / А.М. Матвеев, О.А. Матвеева // Здоровье общества и безопасность жизнедеятельности: матер. Всерос. конф. (г. Красноярск). – М., 1998. – С. 190–191.
196. Матвеев, П.М. Управляемый огонь в лесу – важный фактор стабилизации экологического равновесия / П.М. Матвеев // Здоровье общества и безопасность жизнедеятельности: матер. Всерос. конф. (г. Красноярск). – М., 1998. – С. 188–190.
197. Матвеев, П.М. Последствия лесных пожаров / П.М. Матвеев, А.М. Матвеев, Н.Т. Спицына. – Красноярск, 1999. – 36 с.
198. Матвеев, П.М. Знание запасов горючего в лесу – основа экологической безопасности целевых выжиганий / П.М. Матвеев // Непрерывное экологическое образование. – Красноярск, 1999. – С. 27–29.
199. Матвеев, П.М. Лесная пирология: учеб. пособие / П.М. Матвеев, А.М. Матвеев. – Красноярск: СибГТУ, 2002. – 316 с.
200. Матвеев, П.М. Последствия пожаров в лиственничных биогеоценозах на многолетней мерзлоте / П.М. Матвеев. – Красноярск, 2006. – 268 с.
201. Матвеева, Р.Н. Изменчивость кедра сибирского и проведение отбора в молодом возрасте / Р.Н. Матвеева. – Красноярск, 1988. – 170 с.

202. Майр, Э. Популяции, виды и эволюция / Э. Майр. – М. : Мир, 1974. – 460 с.
203. Махатадзе, Л.Б. Некоторые теоретические установки в лесной типологии в связи с использованием ее в лесном хозяйстве / Л.Б. Махатадзе // Собр. общ. АН Груз.ССР, 1961. – Т. 27. – № 2. – С. 188–193.
204. Махатадзе, Л.Б. Типы горных лесов и их применение при организации хозяйств / Л.Б. Махатадзе // Тр. Тбилис. ин-та леса, 1965. – Т.14. – С. 180–188.
205. Махатадзе, Л.Б. Организация хозяйств на лесотипологической основе в горных лесах Кавказа / Л.Б. Махатадзе // Современные проблемы лесной типологии. – М.: Наука, 1985. – С. 120–126.
206. Мелехов, И.С. Концентрированные рубки на Севере и борьба – 1944. – № 9. – С. 3–8.
207. Мелехов И.С. Природа леса и лесные пожары /И.С. Мелехов. – Архангельск : ОГИЗ, 1947. – 60 с.
208. Мелехов, И.С. Влияние пожаров на лес / И.С. Мелехов. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1948. – 126 с.
209. Мелехов, И. С. Лесная пирология и ее задачи / И.С. Мелехов // Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – С. 5–25.
210. Мелехов, И.С. Динамическая типология леса / И.С. Мелехов // Лесное хозяйство. – 1968. – № 3. – С. 17–21.
211. Мелехов, И.С. Научные основы лесовосстановления / И.С. Мелехов // Проблемы лесовосстановления. – М., 1974. – С. 15–19.
212. Мелехов, И.С. Лесоведение / И.С. Мелехов. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 408 с.
213. Миддендорф, А.Ф. Путешествие на северо-восток Сибири / А.Ф. Миддендорф. – СПб., 1867. – С. 491–758.
214. Михалев, Ю.А. Особенности проведения контролируемых профилактических выжиганий под пологом леса / Ю.А. Михалев, В.Е. Старцева // Проблемы химико-лесного комплекса. – Красноярск, 1998. – С. 33.
215. Молчанов, А.А. Естественное возобновление на горячих / А.А. Молчанов // Лесное хозяйство и лесозащита. – 1934. – № 7.
216. Молчанов, А.А. Сосновый лес и влага / А.А. Молчанов. – М.: АН СССР, 1953. – 138 с.
217. Молчанов, А.А. Влияние лесных пожаров на древостои / А.А. Молчанов. – М.: АН СССР, 1954. – С. 314–335 (Тр. Ин-та леса АН СССР; Т.16).
218. Молчанов, А.А. Леса и лесное хозяйство Архангельской области / А.А. Молчанов, И.Ф. Преображенский. – М.: АН СССР, 1957. – 238 с.
219. Монокин, В. Н. Методика лесопожарного районирования на основе комплексного показателя горимости (На примере Тюменской области): автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / В. Н. Монокин. – Красноярск, 1968. – 35 с.
220. Морозов, Г.Ф. К вопросу о возобновлении сосны / Г.Ф. Морозов // Лесной журнал. – 1900. – № 2. – С. 227–277; № 4. – С. 1–30.
221. Морозов, Г.Ф. О типах насаждений и их значении в лесоводстве / Г.Ф. Морозов // Лесной журнал. – 1904. – Вып.1. – С. 625.

222. Морозов, Г.Ф. Учение о типах насаждений / Г.Ф. Морозов. – СПб., 1914. – 184 с.
223. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – М.; Л.: Госиздат, 1928. – 368 с.
224. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1931. – 438 с.
225. Морозов, Г.Ф. О лесоводственных устоях / Г.Ф. Морозов. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 23 с.
226. Морозов, Г.Ф. Избранные труды / Г.Ф. Морозов. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – Т.1. – 559 с.
227. Морозов, Г.Ф. Избранные труды / Г.Ф. Морозов. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 559 с.
228. Мур, П.Д. Огонь: разрушительная или созидательная сила / П.Д. Мур. – М.: Прогресс, 1983. – № 3. – С. 3–14.
229. Назимова, Д.И. Леса Красноярского края / Д.И. Назимова, С.П. Речан // Леса СССР. – Т. 4. – М.: Наука, 1969. – С.248–349.
230. Наставления по рубкам ухода в лесах Восточной Сибири. – М., 1977. – 55 с.
231. Наставления по рубкам ухода в лесах Восточной Сибири. – М., 1994. – 65 с.
232. Надеждин, Б.В. Лено-Ангарская лесостепь / Б.В. Надеждин. – М.: АН СССР, 1961. – С. 149–302.
233. Невзоров, Н.В. Лесные ресурсы Красноярского края и их использование / Н.В. Невзоров, В.Д. Щербачев // Лесные ресурсы Красноярского края и перспективы их промышленного использования. – М., 1961. – С. 7–86.
234. Нейштадт, М.И. К палеогеографии территории СССР в голоцене / М.И. Нейштадт // АН СССР. Сер. геогр. – 1955. – № 5. – С. 5–15.
235. Нейштадт, М.И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене / М.И. Нейштадт. – М., 1957. – 404 с.
236. Некрасова, Т.Н. Плодоношение сосны в Западной Сибири / Т.Н. Некрасова. – Новосибирск, 1960. – 131 с.
237. Некрасова, Т.Н. Биология семенного размножения хвойных Западной Сибири / Т.Н. Некрасова. – Новосибирск: Наука, 1974. – 201 с.
238. Нестеров, В.Г. Горимость леса и методы ее определения / В.Г. Нестеров. – М.: Гослесбумиздат, 1949. – 74 с.
239. Овчинникова, Н.Ф. Пирогенный фактор и возобновительный процесс в черневых лесах Западного Саяна / Н.Ф. Овчинникова // Пожары в лесных экосистемах Сибири. – Красноярск: СО РАН, 2008. – С. 164–166.
240. Огиевский, В.Д. О сосновых семенниках / В.Д. Огиевский // Лесной журнал. – 1898. – Вып.4.
241. Одум, Е. Экология / Е. Одум. – М., 1968. – 152 с.
242. Одум, Е. Основы экологии / Е. Одум. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
243. Окладников, А.П. Новые находки археологов / А.П. Окладников // Наука и человечество. – М.: Знание, 1969. – С. 120–145.

244. Орешенко, С.А. Травянистые растения нижнего Приангарья и их влияние на всхожесть семян сосны обыкновенной / С.А. Орешенко, Л.В. Буряк // Химия и лес. – Йошкар-Ола, 2005. – С. 11–13.
245. Отчет о состоянии окружающей природной среды Красноярского края за 1991–1995 г. – Красноярск, 1996. – 230 с.
246. Отчет о состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 1997 году. – Красноярск, 1998. – 220 с.
247. Отчет о состоянии окружающей природной среды Красноярского края в 1997 году. – Красноярск, 2002. – 220 с.
248. Охрана ландшафтов. – М.: Прогресс, 1982. – 272 с.
249. Перевозникова, В.Д. Динамика зарастания вырубок сосновых лесов Среднего Приангарья : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.Д. Перевозникова. – Красноярск, 1996. – 22 с.
250. Перевозникова, В.Д. Влияние структуры травяного покрова на естественное возобновление сосняков Среднего Приангарья / В.Д. Перевозникова // Повышение продуктивности и сохранности лесов. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1991. – С. 119–135.
251. Видовой состав и структура живого напочвенного покрова в сосняках после контролируемых выжиганий / В.Д. Перевозникова, Г.А. Иванова, В.А. Иванов, Н.М. Ковалева, С.Г. Конард // Сибирский экологический журнал. – 2005. – №1. – С. 135–141.
252. Побединский, А.В. Сосновые леса Средней Сибири и Забайкалья / А.В. Побединский. – М.: Наука, 1965. – 268 с.
253. Поварницын, В.А. Леса долины р. Алдана от г. Томмота до устья р. Учур / В.А. Поварницын // Тр. ин-та по изуч. леса АН СССР, 1933. – С. 155–231.
254. Поздняков, Л.К. Даурская лиственница / Л.К. Поздняков. – М.: Наука, 1975. – 303 с.
255. Поликарпов, Н.П. Разработка зонально-типологической основы ведения лесного хозяйства в горах Южной Сибири / Н.П. Поликарпов, Д.И. Назимова, Ю.С. Чередникова // Современные проблемы лесной типологии. – М.: Наука, 1985. – С. 93–98.
256. Попов, Л.В. Водные и тепловые свойства подстилки и ее влияние на возобновление сосны и ели : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л.В. Попов. – М., 1954. – 25 с.
257. Попов, М.Г. Основы типологии лесов Восточной Сибири / М.Г. Попов // Тр. ВСФ АН СССР. Сер биол. – 1957. – Вып .5. – С. 5–21.
258. Попов, Л.В. Леса междуречья Чуны и Вихоревой / Л.В. Попов // Тр. ВСФ СО АН СССР. Сер. биол. – 1961. – Вып. 39. – 142 с.
259. Попов, Л.В. Южно-таежные леса Средней Сибири / Л.В. Попов. – Иркутск, 1982. – 330 с.
260. Практикум по почвоведению / Под ред. И.С.Кауричева. – М.: Колос, 1980. – 272 с.
261. Правила рубок главного пользования в лесах Восточной Сибири. – М., 1977. – 80 с.
262. Правила рубок главного пользования в лесах Восточной Сибири. – М., 1994. – 82 с.

263. Прозоров, Ю.С. Лиственничные леса правобережной части Каа-Хемского лесхоза Тувинской автономной области: сб. ст. / Ю.С. Прозоров. – Красноярск, 1957.
264. Пушкина, Н.М. Естественное возобновление растительности на лесных гарях / Н.М. Пушкина // Тр. Лапландский гос. заповедник. – М., 1960. – Вып.4. – С. 5–126.
265. Пшеничникова, Л.С. Лесовосстановление на гарях в пихтовых лесах Восточного Саяна / Л.С. Пшеничникова, С.М. Лесников // Пожары в лесных экосистемах Сибири : сб. ст. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2008. – С. 172–175.
266. Работнов, Т.А. О значении пирогенного фактора для формирования растительного покрова / Т.А. Работнов // Бот. журн. – 1978. – Т. 63. – № 11. – С. 1605–1611.
267. Работнов, Т.А. О типах стратегий растений / Т.А. Работнов // Экология. – 1985. – № 3. – С.3–12.
268. Райт, Дж.В. Введение в лесную генетику / Дж.В. Райт. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 470 с.
269. Раман, К.Г. Опыт классификации и типизации географических ландшафтов как основа для физико-географического районирования / К.Г. Раман // Учен. зап. Латв. ун-та, 1959. – Т.27. – № 8. – С. 206–208.
270. Раменский, Л.Г. Введение в комплексное геоботаническое исследование земель / Л.Г. Раменский. – М.; Л., 1938. – 620 с.
271. Реймерс, Н.Ф. Нарушенность лесов Средней Сибири // Сезонная динамика природы Сибири / Н.Ф. Реймерс, Л.И. Малышев. – Иркутск, 1963. – С. 74–105.
272. Риклефс, Р. Основы общей экологии / Р. Риклефс. – М., 1979. – 424 с.
273. Роде, А.А. Почвоведение / А.А. Роде, В.Н. Смирнов. – М.: Высшая школа, 1972. – 480 с.
274. Романов, В. Е. Определение ущерба от низовых лесных пожаров / В.Е. Романов // Лесное хозяйство. – 1968. – № 2. – С. 78–80.
275. Роне, В.М. Генетический анализ лесных популяций / В.М. Роне. – М.: Наука, 1980. – 160 с.
276. Рубинштейн, Е.С. Структура колебаний температуры воздуха на северном полушарии / Е.С. Рубинштейн. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – Ч.II. – 25 с.
277. Савин, Е.Н. Естественное возобновление в сосняках левобережья р.Ангара (в пределах Красноярского края) / Е.Н. Савин, Р.И. Лоскутов // Тр. ИЛИД СО АН СССР. – Т. 56. – 1961.
278. Савин, Е.Н. Естественное возобновление в сосняках Красноярского Приангарья / Е.Н. Савин // Материалы по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. – Красноярск, 1963. – С. 169–178.
279. Савина, Л.Н. Изменение таежных лесов в связи с перестройкой климата в голоцене и возможности прогнозирования / Л.Н. Савина // Актуальные вопросы исследования Сибири. – Красноярск, 1981. – С. 144–145.
280. Санников, С.Н. Экологические особенности главнейших типов микросреды естественного возобновления сосны на сплошных вырубках / С.Н. Санников // Физиология и экология древесных растений. – Свердловск, 1965. – С. 231–242.

281. Санников, С.Н. Экологическая оценка естественного возобновления сосны в Припышминских борах : автореф. дис. ...канд. биол. наук / С.Н. Санников. – Свердловск, 1966. – 30 с.
282. Санников, С.Н. К характеристике экоклимата и режима увлажнения субстрата в основных типах микросреды в Притавдинских борах / С.Н. Санников // Экология. – 1970. – № 3. – С. 60–68.
283. Санников, С.Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье / С.Н. Санников // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1973. – С. 236–277.
284. Санникова, Н.С. Низовой пожар как фактор появления, выживания и роста всходов сосны / Н.С. Санникова // Обнаружение и анализ лесных пожаров. – Красноярск, 1977. – С. 110–128.
285. Санников, С.Н. Лесные пожары как биогеоценотический и эволюционный фактор возобновления популяций сосны в Зауралье / С.Н. Санников // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1978. – С. 162–165.
286. Санников, С.Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов / С.Н. Санников // Экология. – 1981. – № 6. – С. 24–33.
287. Санников, С.Н. Эволюционная пирозэкология: проблемы, принципы, гипотезы / С.Н. Санников // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1984. – С. 35–37.
288. Санников, С.Н. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса / С.Н. Санников, Н.С. Санникова. – М.: Наука, 1985. – 150 с.
289. Санников, С.Н. Импульсная стабильность и микроэволюция популяций / С.Н. Санников // Экология популяций. – М.: Наука, 1991. – С. 128–142.
290. Санников, С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной / С.Н. Санников. – М.: Наука, 1992. – 264 с.
291. Санников, С.Н. Естественное возобновление в Западной Сибири / С.Н. Санников, Н.С. Санникова, И.В. Петрова // Эколого-географический очерк. – Екатеринбург: УГЛТА, 2004. – 200 с.
292. Санников, С.Н. Эволюционная пирозэкология видов светлохвойных / С.Н. Санников, Н.С. Санникова // Пожары в лесных экосистемах Сибири: сб.ст. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2008. – С. 26–28.
293. Сапожников, А.П. О некоторых аспектах геохимии пирогенных геосистем / А.П. Сапожников // Топологические аспекты поведения вещества в геосистемах. – Иркутск, 1973. – С. 208–219.
294. Сапожников, А.П. О роли пирогенных процессов в формировании лесных биогеоценозов / А.П. Сапожников // Итоги научных исследований по лесоведению и лесной биогеоценологии. – М., 1973. – С. 32–34.
295. Сапожников, А.П. Биогеоценотические и лесоводственные аспекты пирогенеза лесных почв / А.П. Сапожников // Лесные пожары и их последствия. – Красноярск, 1979. – С. 96–103.
296. Свалова, Н.А. К типологии участков пожарищ в сосняках / Н.А. Свалова, Л.В. Буряк // Проблемы химико-лесного комплекса. – Ч.2. – Красноярск, 1998. – С. 28.

297. Седых, В.Н. Динамика кедровых лесов среднетаежного Приобья : автореф. дис. ... канд. наук: 03.00.16 / В.Н. Седых. – Свердловск: Ин-т экологии растений и животных УФ АН СССР, 1974. – 31 с.
298. Седых, В. Н. Лесообразовательный процесс в бореальной зоне планеты / В. Н. Седых // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: сб. ст. – Красноярск, 2004. – С. 347–349.
299. Седых, В. Н. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова / В.Н. Седых. – Новосибирск: Наука, 1991. – 237 с.
300. Селин, А.К. Влияние лесных пожаров в Красноярском регионе на жизнедеятельность и здоровье общества / А.К. Селин // Здоровье общества и безопасность жизнедеятельности. – М., 1998. – С. 188–190.
301. Семенова-Тян-Шанская, А.М. Сосновые леса / А.М. Семенова-Тян-Шанская // Растительный покров СССР. – М.; Л., 1956. – С. 217–248.
302. Семечкин, И.В. Строение разновозрастных кедровых древостоев кедровых горных районов Средней Сибири / И.В. Семечкин // Матер. науч. конф. по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. – Красноярск, 1965. – С. 125–139.
303. Семечкин, И.В. Динамика возрастной структуры древостоев и методы ее изучения / И.В. Семечкин // Вопросы лесоведения. – Красноярск, 1970. – С. 422–445.
304. Симон, Ф.Ф. Результаты изучения некоторых условий возобновления сосны с соображениями о рубках в сосняках / Ф.Ф. Симон // Изд. Урал. лесотехн. ин-та, 1934. – Вып. 2. – С. 1–68.
305. Скалон, В.Н. О роли кедров в жизни таежных зверей и птиц / В.Н. Скалон, П.П. Тарасов // Учен. зап. Монгольского ун-та. – Улан-Батор, 1946. – Т.2, вып.3. – С. 67–74.
306. Скалон, В.Н. Первые исследователи Сибири / В.Н. Скалон. – Иркутск, 1949. – 34 с.
307. Слинкина, О.А. Картографирование текущего состояния лесов Красноярского края с использованием данных дистанционного зондирования / О.А. Слинкина, А.И. Сухинин, Л.В. Буряк // Вестник СибГАУ им. акад. М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2008. – С. 70–74.
308. Смагин, В.Н. К характеристике лесов и лесного хозяйства Тувы / В.Н. Смагин, Н.А. Софронов, С.А. Ильинская // Природные условия Тувинской автономной области. – М., 1957. – С. 191–238.
309. Смагин, В.Н. Леса бассейна Усури / В.Н. Смагин. – М.: Наука, 1965. – С. 271.
310. Смагин, В.Н. Актуальные аспекты лесной типологии / В.Н. Смагин // Вопросы лесоведения. – Красноярск, 1973. – Т. 2. – С. 15–26.
311. Смагин, В.Н. Основные закономерности развития и смены лесных биогеоценозов Сибири / В.Н. Смагин. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 6–28.
312. Смагин, В.Н. Принципы лесорастительного районирования и классификация типов леса / В.Н. Смагин // Современные проблемы лесной типологии. – М.: Наука, 1985. – С. 44–51.
313. Смирнов, А.В. Изменение компонентов лесной растительности юга Средней Сибири под воздействием антропогенных факторов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А.В. Смирнов. – Красноярск, 1970. – 38 с.

314. Соколов, С.Я. Рекогносцировочное исследование типов леса Лисинского лесничества / С.Я. Соколов // Лесоведение и лесоводство. – 1926. – Вып. 3. – С. 135–154.
315. Соколов, В.А. Основы управления лесами Сибири / В.А. Соколов. – Красноярск: СО РАН, 1997. – 309 с.
316. Софронов, М.А. Влияние рельефа на лесные пожары в Западном Саяне / М.А. Софронов // Лесные пожары и борьба с ними. – М.: АН СССР, 1963. – С. 127–137.
317. Софронов, М.А. Запасы живого напочвенного покрова и растительных остатков в некоторых типах леса Западного Саяна и Танну-Ола / М.А. Софронов // Сиб. Отд. АН СССР, сер. биол.-мед. наук. – Вып. I. – 1965. – С. 135–137.
318. Софронов, М.А. Лесные пожары в горах Южной Сибири / М.А. Софронов. – М.: Наука, 1967. – 150 с.
319. Софронов, М.А. Об условиях высыхания лесных горючих материалов под пологом древостоев / М.А. Софронов // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. – С. 59–104.
320. Софронов, М.А. Распределение по площади запасов мха, опада и подстилки / М.А. Софронов, Н.М. Баранов // Моделирование и охрана лесов от пожаров. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1979. – С. 99–108.
321. Софронов, М.А. Огонь в лесу / М.А. Софронов, А.Д. Вакуров. – Новосибирск: Наука, 1981. – 128 с.
322. Софронов, М.А. Пирологическая характеристика растительности в верхней части бассейна р. Турухан / М.А. Софронов // Лесные пожары и борьба с ними. – М.: ВНИИЛМ, 1988. – С. 106–117.
323. Софронов, М.А. Пирологическое районирование в таежной зоне / М.А. Софронов, А.В. Волокитина. – Новосибирск: Наука, 1990. – 204 с.
324. Софронов, М.А. Пожары растительности в зоне северных редколесий / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Сибирский экологический журнал. – 1996. – № 1. – С. 43–50.
325. Софронов, М.А. Методика оценки баланса углерода по динамике биомассы в пирогенных сукцессиях / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Лесоведение. – 1998. – № 3. – С. 36–41.
326. Софронов, М.А. Система пирологических характеристик и оценок как основа управления пожарами в бореальных лесах: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук / М.А. Софронов. – Красноярск, 1998. – 60 с.
327. Софронов, М.А. Об экологических особенностях зоны северных редколесий в Средней Сибири / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Сибирский экологический журнал. – 1998. – № 3–4. – С. 245–250.
328. Софронов, М.А. Об оценке влияния лесных пожаров на баланс углерода / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Охрана лесов от пожаров в современных условиях : матер. междунар. науч.-практ. конф. – Хабаровск, 2002. – С. 283–287.
329. Софронов, М.А. Ежедневная вероятная плотность действующих пожаров как абсолютный критерий пожарной опасности / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Лесное хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 41–43.
330. Софронов, М.А. Пожары в горных лесах / М.А. Софронов, А.В. Волокитина, Т.М. Софронова. – Красноярск, 2008. – 387 с.

331. Сочава, В.Б. Лиственничные леса / В.Б. Сочава // Растительный покров СССР: Пояснительный текст к "Геоботанической карте СССР". – М.; Л.: АН СССР, 1956. – С. 249–285.
332. Сочава, В.Б. Классификация растительности и типологии географических фаций / В.Б. Сочава // Материалы по классификации растительности Урала. – Свердловск, 1959. – С. 3–4.
333. Стародумов, А.М. К вопросу о лесных пожарах в кедрово-широколиственных лесах Дальнего Востока / А.М. Стародумов // Бюлл. НТИ ДальНИИЛХа, вып. 2. – Хабаровск, 1957.
334. Строгий, А.А. К вопросу о борьбе с сибирскими лесными пожарами / А.А. Строгий // Сибирский наблюдатель. – 1902. – Кн. 3. – С. 27–39.
335. Строгий, А.А. Настоящее и будущее сибирских лесов / А.А. Строгий. – Сибирская жизнь, 1908. – № 7. – С. 6.
336. Строгий, А.А. О лесах Сибири / А.А. Строгий. – СПб., 1911. – 108 с.
337. Сукачев, В.Н. Растительность верхней части бассейна р. Тунгира Олекминского округа Якутской области / В.Н. Сукачев // Тр. Амурской экспедиции. – СПб., 1912. – Т. 1, вып. 16. – 286 с.
338. Сукачев, В.Н. Об изучении лесных сообществ / В.Н. Сукачев // Лесной журнал. – 1918. – № 3–5. – С. 57–77.
339. Сукачев, В.Н. Растительные сообщества / В.Н. Сукачев. – М.; Л., 1928. – 232 с.
340. Сукачев, В.Н. Идея развития в фитоценологии / В.Н. Сукачев // Советская ботаника. – 1942. – № 1–2. – С. 5–17.
341. Сукачев, В.Н. О принципах генетической классификации в биоценологии / В.Н. Сукачев // Журн. общ. биол. – 1944. – № 4. – С. 213–226.
342. Сукачев, В.Н. Дендрология с основами геоботаники / В.Н. Сукачев. – 2-е изд. – М.: Гослесбумиздат, 1938. – 574 с.
343. Сукачев, В.Н. Избранные труды / В.Н. Сукачев // Основы лесной типологии и биогеоценологии. – Л.: Наука, 1972. – Т.1. – 420 с.
344. Сукачев, В.Н. Методические указания по изучению типов леса / В.Н. Сукачев, С.В. Зонн. – М.: АН СССР, 1961. – 144 с.
345. Сухинин, А.И. Региональный спутниковый мониторинг лесных пожаров в Восточной Сибири / А.И. Сухинин // Лесоведение. – 2001. – № 5. – С. 24–31.
346. Геоинформационная система и дистанционные данные применительно к задаче мониторинга нарушенности лесов Нижнего Приангарья / А.И. Сухинин, Л.В. Буряк, Е.И. Пономарев, В.А. Бычков // Вестник ТГУ. Приложение. – 2006. – №18. – С. 179–185.
347. Средняя Сибирь / Отв. ред. Л. Г. Каманин и Б. Н. Лиханов. – М.: Наука, 1964. – 480 с.
348. Тарасов, П.А. Формирование подроста и напочвенного покрова в пройденных пожарами насаждениях / П.А. Тарасов, Л.В. Буряк // Проблемы химико-лесного комплекса. – Красноярск, 1996. Ч. 1. – С. 40.
349. Тарасов, П.А. Постпирогенные изменения гидротермических параметров почв среднетаежных сосняков / П.А. Тарасов // Почвоведение. – 2011. – № 7. – С. 795–803.

350. Телицин, Г.П. Исследование процесса распространения беглых низовых пожаров в лесах Дальнего Востока : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г.П. Телицин. – Красноярск, 1968. – 21 с.
351. Телицин, Г.П. О распространении горения в лесу / Г.П. Телицин // Горение и пожары в лесу. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1973. – С. 16–176.
352. Тимофеев-Ресовский, Н.В. Очерк учения о популяции / Н.В. Тимофеев-Ресовский, Н.Н. Воронцов, Н.В. Готов. – М.: Наука, 1977. – 304 с.
353. Тихомиров, Б.П. Палы и их влияние на естественную кормовую растительность ДВК / Б.П. Тихомиров // Труды ДВФ АН СССР, 2. – М.-Л., 1935.
354. Типы лесов гор Южной Сибири / В.Н. Смагин [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1980. – 336 с.
355. Ткаченко, М.Е. Леса Севера / М.Е. Ткаченко. – СПб., 1911. – 91 с.
356. Ткаченко, М.Е. Очистка лесосек / М.Е. Ткаченко. – М.; Л., 1931. – 78 с.
357. Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство / М.Е. Ткаченко. – М.; Л., 1939. – С. 271–303.
358. Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство / М.Е. Ткаченко. – М.; Л.: Гослесбуиздат, 1955. – 598 с.
359. Третьяков, Н.В. Справочник таксатора / Н.В. Третьяков, П.В. Горский, Г.Г. Самойлович. – М.; Л.: Гослесбуиздат, 1952. – 850 с.
360. Тюлина, Л.Н. Из высокогорной области южного Урала / Л.Н. Тюлина // Очерки по фитосоциологии и фитогеографии. – М., 1929. – С. 345–359.
361. Тюлина, Л.Н. Из истории растительного покрова северо-восточного побережья Байкала / Л.Н. Тюлина // Проблемы физической географии. – М., 1950. – Вып. 15. – С. 105–132.
362. Тюрин, А.В. Основы хозяйства в сосновых лесах / А.В. Тюрин. – М.: Нов. деревня, 1925. – 144 с.
363. Уткин, А.И. Леса Центральной Якутии / А.И. Уткин. – М.: Наука, 1965. – 208 с.
364. Уткин, А.И. Лесообразовательный процесс с позиции экологии / А.И. Уткин // Теория лесообразовательного процесса. – Красноярск, 1991. – С. 161–162.
365. Фалалеев, Э.Н. Пихтовые леса Сибири и их комплексное использование / Э.Н. Фалалеев. – М.: Лесная промышленность, 1964. – 168 с.
366. Фалалеев, Э.Н. О возрастном строении сосняков в связи с пожарами / Э.Н. Фалалеев, С.С. Шанин // Науч. докл. высш. школы. Лесоинженерное дело. – 1957. – № 3. – С. 65–68.
367. Фалалеев, Э.Н. Леса Сибири / Э.Н. Фалалеев. – Красноярск: Красноярский ун-т, 1985. – 136 с.
368. Фарбер, С.К. Формирование древостоев Восточной Сибири / С.К. Фарбер. – Новосибирск: СО РАН, 2000. – 437 с.
369. Фирсова, В.П. Динамика водно-растворимых веществ в лесных дерново-подзолистых почвах Припышимского Борового массива / В.П. Фирсова // Почвоведение. – 1964. – № 9. – С. 59–69.
370. Фирсова, В.П. Лесные почвы Свердловской области и их изменения под влиянием лесохозяйственных мероприятий / В.П. Фирсова // Тр. ин-та экологии растений и животных УФАИ СССР. – Свердловск, 1969. – 151 с.

371. Фуряев, В.В. Шелкопрядники тайги и их выжигание / В.В. Фуряев. – М.: Наука, 1966. – 90 с.
372. Фуряев, В.В. Вопросы исследования последствий пожаров и применения огня в лесном хозяйстве / В.В. Фуряев // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1973. – С. 181–196.
373. Фуряев, В.В. Профилактические палы при формировании пожароустойчивых сосняков / В.В. Фуряев // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск, 1974. – С. 247–262.
374. Фуряев, В.В. Динамика запасов горючих материалов после пожаров в сосняках Приангарья / В.В. Фуряев // Современные исследования типологии и пирологии леса. – Архангельск, 1976. – С. 122–126.
375. Фуряев, В.В. Лесные пожары как экологический фактор формирования тайги / В.В. Фуряев // Проблемы лесоведения Сибири. – М.: Наука, 1977. – С. 136–147.
376. Фуряев, В.В. Методы оценки последствий пожаров по материалам аэрокосмической съемки / В.В. Фуряев // Горение и пожары в лесу. Ч. III: Лесные пожары и их последствия. – Красноярск, 1979. – С. 33–66.
377. Фуряев, В.В. Изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе / В.В. Фуряев, Д.М. Киреев. – Новосибирск: Наука, 1979. – 160 с.
378. Фуряев, В.В. Восстановительно-возрастная динамика сосняков лишайниковых под влиянием циклических пожаров / В.В. Фуряев, Л.П. Злобина // Лесные пожары и их последствия. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1985. – С. 83–92.
379. Фуряев, В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования / В.В. Фуряев. – Новосибирск: Наука, 1996. – 252 с.
380. Фуряев, В. В. Пожароустойчивость сосновых лесов / В.В. Фуряев, В.И. Заблоцкий, В.А. Черных. – Новосибирск: Наука, 2005. – 160 с.
381. Фуряев, И.В. Индикационные признаки пожароустойчивости сосновых насаждений на стадиях лесообразовательного процесса / И.В. Фуряев, С.Д. Самсоненко, В.В. Фуряев // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: Матер. Всеросс. конф. с международным участием. – Красноярск, 2009. – С.167–169.
382. Цветков, П.А. К вопросу о диагностике лесных пожаров / П.А. Цветков // Современные исследования типологии и пирологии леса. – Архангельск, 1976. – С. 108–115.
383. Цветков, П. А. Пирофитные свойства лиственницы Гмелина / П.А. Цветков // Лесное хозяйство. – 2004. – № 1. – С. 43–46.
384. Цветков, П. А. Пирогенные свойства лиственницы Гмелина в северной тайге Средней Сибири : автореф. дис... д-ра биол. наук: 06.03.03 / П.А. Цветков. – Красноярск, 2005. – 40 с.
385. Цветков, П.А. Адаптация лиственницы Гмелина к пожарам в северной тайге Средней Сибири // Сибирский экологический журнал. – 2005. – № 1. – С. 117–119.
386. Цветков, П.А. Устойчивость лиственницы Гмелина к пожарам в северной тайге Средней Сибири Пирогенные свойства лиственницы Гмелина в

северной тайге Средней Сибири / П.А. Цветков. – Красноярск: ИЛИД СО РАН, 2007. – 250 с.

387. Цветков, П.А. Начальный этап послепожарного лесовозобновления в среднетаежных сосняках Средней Сибири / П.А. Цветков // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса: сб. ст. – Красноярск, 2009. – С. 170–172.

388. Чебакова, Н.М. Возможная трансформация растительного покрова Сибири при различных сценариях изменения климата : автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16 / Н.М. Чебакова. – Красноярск, 2006. – 60 с.

389. Черепнин, Л.М. Растительный покров южной части Красноярского края и задачи его изучения / Л.М. Черепнин // Уч. зап. Красн. пед. ин-та. – Красноярск, 1956. – Т.5.

390. Таежное лесоводство / акад. И.С. Мелехов, В.Г. Чертовский, Г.В. Крылов [и др.]. – М. : Лесная пром-сть, 1974. – 231 с.

391. Чертовский, В.Г. Экология таежных лесов / В.Г. Чертовский. – Архангельск, 1978. – 112 с.

392. Чижов, Б.Е. Пожароустойчивость растений травяно-кустарничково яруса сосновых лесов Зауралья / Б.Е. Чижов, Н.С. Санникова // Лесоведение. – 1978. – № 5. – С. 68–76.

393. Шанин, С.С. Строение сосновых и лиственничных древостоев Сибири / С.С. Шанин. – М.: Лесная промышленность, 1965. – 106 с.

394. Шварц, С.С. Эволюционная экология животных / С.С. Шварц. – Свердловск, 1969. – Вып. 65. – 200 с.

395. Шварц, С.С. Экологические закономерности эволюции / С.С. Шварц. – М.: Наука, 1980. – 280 с.

396. Шевелев, С.Л. Многоцелевое лесопользование в лиственничниках Средней Сибири : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / С.Л. Шевелев. – Красноярск, 1998. – 36 с.

397. Шешуков, М.А. Виды, интенсивность пожаров и определяющие их факторы / М.А. Шешуков // Лесное хозяйство. – 1977. – №5. – С. 68–72.

398. Шешуков, М.А. Влияние пожаров на развитие таежных биогеоценозов / М.А. Шешуков // Горение и пожары в лесу. Ч. III: Лесные пожары и их последствия. – Красноярск, 1979. – С. 81–96.

399. Шешуков, М.А. Пирогенез – важнейший фактор формирования лесов / М.А. Шешуков // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1984. – С. 87–89.

400. Шешуков, М.А. влияние размера и характера сложения частиц горючего на скорость их сгорания / М.А. Шешуков // Методы и средства борьбы с лесными пожарами. – М., 1986. – С. 140–145.

401. Шешуков, М.А. Биоэкологические и зонально-географические основы охраны лесов от пожаров на Дальнем Востоке : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / М.А. Шешуков. – Красноярск, 1988. – 46 с.

402. Шиманюк, А.П. Восстановительные процессы в сосновых лесах Северного Урала / А.П. Шиманюк // Восстановительные процессы на концентрированных лесосеках. – М.; Л.: АН СССР, 1949. – С. 66–127.

403. Шульга, И.А. Маршрутные исследования почв в юго-восточной части Енисейского округа / И.А. Шульга // Труды почвенно-ботанической экспедиции по

исследованию колониз. районов Азиатской России. – Спб, 1913. – Ч. 1. – Вып. 7. – С.44–93.

404. Шумилова, Л.В. О расчленении Сибири на ботанико-географические провинции / Л.В. Шумилова // Вопросы географии Сибири. – Томск, 1949. – С. 15–198.

405. Шумилова, Л.В. О принципах зонального расчленения растительности и его отношении к ботанико-географическому районированию / Л.В. Шумилова. – Томск, 1957. – С. 137–151.

406. Шумилова, Л.В. Коренной растительный покров Сибири и закономерности его географического распределения / Л.В. Шумилова // Вопр. биол. – 1960. – С. 3–25.

407. Шумилова, Л.В. Ботаническая география Сибири / Л.В. Шумилова. – Томск: Томский ун-т, 1962. – 440 с.

408. Шутов, И.В. Лесная политика в условиях изменяющегося климата / И.В. Шутов, Б.Н. Рябинин // Лесное хозяйство. – № 2. – 2009. – С. 4–9.

409. Щербаков, И.П. Леса юго-западных приленских районов Якутии и меры содействия лесовозобновления / И.П. Щербаков, Р.В. Чугунова // Тр. ин-та биологии. – М.: АН СССР, 1961. – Вып. VII. – С. 5–161.

410. Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса / И.П. Щербаков, О.Ф. Забелин, Б.А. Карпель [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1979. – 224 с.

411. Ярошенко, П.Д. Основы учения о растительном покрове / П.Д. Ярошенко. – М.: Географгиз, 1950. – 215 с.

412. Abaimov, A.P. The main trends of post-fire succession in near-tundra forests of Central Siberia / A.P. Abaimov, M.A. Sofronov // Fire in ecosystems of Boreal Eurasia. Ed. J.G. Goldammer and V.V. Furyaev/ Forestry Sci. – Dordrecht-Bjstjn-Londjn, 1996. – Vol. 63. – P. 372–386.

413. Forest Ecosystems of the Cryolithic Zone of Siberia / A.P. Abaimov [et al.] // Regional Features, Mechanisms of Stability and Pyrogenic Changes // Eurasian J. For. Res. – 2000. – № 1. – P. 1–10.

414. Forest Ecosystems of the Cryolithic Zone of Siberia; Regional Features, Mechanisms of Stability and Pyrogenic Changes/ A.P. Abaimov, O.A. Zyryanova, S.G. Prokushkin, T. Koike and Y. Matsuura // Eurasian J. For. Res. 2000. – № 1. – P. 1–10.

415. Agee, J.K. The landscape ecology of western fire regimes / J.K. Agee // Northwest Science, 72 (4). – 1998. – P. 24–34.

416. Day R.I. Stand structure, succession and use of southern Alberta Rocky Mountain forest // Ibid. 1973. Vol.53, №3. – P. 324–335.

417. Davis, K.P. Forest fire: control and use / K.P. Davis. – N.Y.; L.: Megdow-Hill Co., 1959. – 595 p.

418. Davis, K.P. Forest fire: control and use / K.P. Davis. – New York–Toronto–London: McGraw-Hill Book Co.Inc., 1959. – 584 p.

419. Goldammer, G. Potential impacts of climate change on fire regimes in the tropics based on MAGICC and a GISS GCM-derived lightning model/ G. Goldammer, C. Price // Climatic Change. – 1998. – 39. – P. 273–296.

420. Ivanova, G.A. The Extreme Fire Season in the Central Taiga Forests of Yakutia//Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia/G.A.Ivanova. Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers. –1996. – P. 260–270.
421. Firescan Science Team. Fire in ecosystems of boreal Eurasia: The Bor Forest Island fire experiment, Fire Research Campaign Asia-North (FIRESCAN) ; Levine J.S., ed. // Biomass burning and global change. – Vol.11. – Cambridge, MA: MIT Press, 1996. – P. 848–873.
422. Effects of Fire and Climate on Successions and Structural Changes in the Siberian Boreal Forest /V.V. Furyaev, E.A. Vaganov, N.M. Tchebakova, E.N. Valendik // Eurasian J. For. Res. – 2001. – № 2. – P.1–15.
423. Gmelin, I.G. ReisedurchSibirien von dem Jahre 1733 bis 1743 / I.G. Gmelin. – Gotting. 1752. – 467 p.
424. Gossow, H. Fire-vegetation-wildlife interactions in the boreal forest / H. Gossow // Fire in ecosystems of boreal Eurasia (J.G. Goldammer, V.V. Furyaev, eds.). – Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers, 1996. – P. 431–444.
425. Fire emissions estimates in Siberia: Evaluation of uncertainties in area burned, land cover, and fuel consumption/ E.A. Kukavskaya, A.J. Soja, A.P. Petkov, E.I. Ponomarev, G.A. Ivanova, S.G. Conard // Canadian Journal of Forest Research. – 2013. – V. 43. – № 5. – P. 493–506. doi: 10.1139/cjfr-2012-0367.
426. Habeck, I.R. Firedependent forest in the Northern Rocky Mountains / I.R. Habeck, R.W. Mutch // Quatern res. – 1973. – Vol.3. – №3. – P. 408–424.
427. Hendrikson, W.H. Perspective of fire and ecosystems in the United States / W.H. Hendrikson // Fire and environment: Sump. proc. Denver, 1972. – P. 31–39.
428. Habeck, I.R. Firedependent forest in the Northern Rocky Mountains // I.R. Habeck, R.W. Mutch // Quatern res. – 1973. –Vol.3 – № 3. – P. 408–424.
429. Rego, F. Heat transfer through bark – a simpl predictive model // F. Rego, E. Rigolot // Fire in ecosystem dynamics: Mediterrantan and northern perspectives. Proceedings of the Third International Symposium on fire ecology, May 1989. – Netherlands, 1990. – P. 157–161.
430. Hille, M.A. Fuel load, humus consumption and humus moisture dynamics in Central European Scots pine stands / M. Hille, J. den Ouden // International Journal of Wildland Fire. – 2005. – Vol. 14. – № 2. – P. 153–159.
431. Husary, S.J. Fire management in small wildrness areas and pars / S.J. Husary // Proceedings: symposium on fire in wilderness and park management ; J.K. Brown, R. W. Mutch, C.W. Spoon, R.H. Wakimoto,tech. cords. / Gen. Tech. Rep. INT GTR 320. Ogden, UT: US Departament of Agriculture, Forest Servis, Intermountain Research Station, 1995. – P. 117–120.
432. Weber, M.G. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate impact on fire regimes/ M.G. Weber, M.D. Flannigan // Environmental Review. – 1997. – № 5. – P.145–166.
433. Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests/ E.S. Kasischke, N.L. Christensen and B.J. Stocks // Ecological Applications. – 1995. – № 5(2). – P. 437–451.
434. Matveev, P.M. Post-fire mortality and regeneration of larixsibirica and larixdahurica in condition of long-term permafrost (article)/ P.M. Matveev, V.A. Usoltsev

// Forestry Sci. – Dordrecht-Bjstjn-Londjn, 1996. – P. 63. – DOI: 10.1007/978-94-015-8737-2_32.

435. Mutch, R.W. Wild fires and ecosystems – a hypothesis/ R.W. Mutch // Ecology. – 1970. – Vol. 51. – № 6. – P. 1047–1051.

436. Le Houerou, H.N. Fire and vegetation in Mediterranean Basin / H.N. Le Houerou // Proc. ann. tall timbers fire ecol. conf. Tallahassee. – 1974. – Vol. 13. – P. 237–277.

437. Lunan, I.S. The effects of fire exclusion on ponderosa pine communities in Glacier National Park, Montana/ I.S. Lunan, I.R. Habeck // Can. J. Forest Res. – 1973. – Vol. 3. – № 4. – P. 574–579.

438. Roe, A.I. Fire and forestry in the Northern Rocky Mountains – a task force report /A.I. Roe, W.R. Beufait // J. Forestry. –1971. – Vol. 69. – № 8. – P. 464–470.

439. Rowe, I.S. Fire in the boreal forests/I.S.Rowe, G.W. Scotter // Quatern Res. – 1973. – Vol. 3. – № 3. – P. 444–464.

440. Taylor, D.I. Some ecological implications of fire control in Yellowstone National Park, Wyoming / D.I. Taylor // Ecology. – 1973. – Vol. 54. – № 6. – P. 1394–1396.

441. Trabaud, L. Experimental study of the effect of prescribed in a // Quercus coccifera L. garrigue / L. Trabaud // Proc. ann. tall timbers fire ecol. conf. Tallahassee. – 1974. – Vol. 13. – P. 97–129.

442. Trabaud, L. Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire / L. Trabaud, J. Lepart // Vegetatio. – 1980. – Vol. 43. – P. 49–57.

443. Uggla, E.A. Ecological effects of fire in North Swedish forests / E.A. Uggla // First World Forestry Congress. – Seattle, 1960. – P. 120–139.

444. Prescribed Fire for Managing Siberian Forests / E.N. Valendik, R. Lasco, Ye. K. Kisilyakhov, G.A. Ivanova, V.D. Perevoznikova, S.V. Verkhovets// Wildfire. – 1997. – Vol. 6. – № 8. – P. 28–33.

445. Viereck, L.A. Wildfire in the taiga of Alaska / L.A. Viereck // Quatern Res. – 1973. – Vol.3. – № 3. – P. 225–234.

446. Viro P.I. Prescribed burning in forestry / Communication. Inst.– Helsinki: ForestalisFenniae, 1969. – 215 p.

447. Viro, P.J. Effects of forest fire on soil / P.J. Viro // Fire and ecosystems. New York-San Francisco-London : Academic Press,. – 1974. – P. 7–44.

448. Wien, R.W. Fire history and rotations in the New Brunswick Acadian Forests / R.W. Wien, Z.M. Moor// Can. J. Forest Res. –1977. – Vol. 7. – № 2. – P. 285–294.

449. Wright, R. The impact of forest fires on the nutrient to small lakes in Northeastern Minnesota / R. Wright // Ecology. – 1976. – Vol. 57. – P. 649–663.

450. Weber, M.G. Canadian boreal forest ecosystem structure and function in a changing climate impact on fire regimes / M.G. Weber, M.D. Flannigan // Environmental Review. – 1997. – № 5. – P. 145-166.

451. Wright, R. The impact of forest fires on the nutrient to small lakes in Northeastern Minnesota /R. Wright // Ecology. – 1976. – Vol.57. – P. 649–663.

Л.В. БУРЯК, О.П. КАЛЕНСКАЯ

**ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ
НА ФОРМИРОВАНИЕ НАСАЖДЕНИЙ
НИЖНЕГО ПРИАНГАРЬЯ**

Монография

Редакторы *М. Ф. Нежлукто, М.М. Сергеева*
Компьютерная верстка *Л. М. Харина*

Формат 60x90 1/16.
Тираж 500 экз. Объем 9,0 печ. л.

Подписано в печать 25. 12. 2020 г.

Отпечатано в ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
лесоводства и механизации лесного хозяйства»
141202, Российская Федерация, Пушкино, Московская область, ул. Институтская, д. 15