

УДК 630\*432

**ВАРИАЦИИ ПОЖАРООПАСНОСТИ ЛЕСОВ И ФОРМИРОВАНИЕ  
ПОЖАРОУСТОЙЧИВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ПРИБАЙКАЛЬЕ<sup>1</sup>****© 2025 г. М. Д. Евдокименко<sup>а</sup>, А. А. Онучин<sup>а</sup>, В. В. Иванов<sup>а</sup>,  
А. Н. Борисов<sup>а</sup>\*, А. Е. Петренко<sup>а</sup>**<sup>а</sup> *Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Академгородок, д. 50/28, Красноярск, 660036 Россия*\* *E-mail: alnik\_borisov@mail.ru*

Поступила в редакцию 02.11.2022 г.

После доработки 12.12.2024 г.

Принята к публикации 05.03.2025 г.

Сообщаются данные о вариациях пожароопасности в основных типах леса и сопутствующих комплексах растительности по всем высотным поясам в Прибайкалье. Потенциально высокая пожароопасность лесных массивов в регионе обусловлена преобладанием в их составе светлохвойных насаждений и специфическим климатом с длительными весенне-летними засушливыми периодами. В особенно засушливые годы за короткое время огненная стихия охватывала сосново-лиственничные леса целых ландшафтов, лесостепь со светлохвойной тайгой. Получены экспериментальные данные, характеризующие пожароопасность разных типов леса по высотным поясам: темпы пожарного созревания, длительность пожароопасного состояния при различной метеоситуации сезонов и др. Проведен 2-летний авиамониторинг горимости байкальских лесов. Несмотря на общую высокую пожароопасность лесов в данном регионе, основные факторы их пожарного созревания (атмосферные осадки и состав насаждений) варьируют в широких пределах. В этой связи следует отметить, что лиственные насаждения, в том числе осиновые на южном побережье Байкала, почти негоримы. Преобладающий фон хвойных лесов образуют лиственничники. В них возникают преимущественно низовые пожары, а верховые возможны только в сухих типах молодняков. Это следует использовать при отборе и формировании пожароустойчивых участков (барьеры, полосы) в лесных массивах, чтобы в комплексе с другими препятствиями для огня формировать замкнутую систему лесных насаждений, устойчивую к пирогенному фактору. Применительно к особо ценным и посещаемым лесам предложена надлежащая схема противопожарного обустройства и модернизации лесохозяйственных мероприятий, в том числе рубки обновления и переформирования насаждений. Разработаны региональные технологии устройства противопожарных барьеров из пожароустойчивых насаждений. Противопожарные заслоны шириной 250–300 м рекомендуется формировать с обеих сторон магистральных дорог, проходящих через насаждения сосны, кедра, ели и пихты. Эти барьеры предназначены для надежной остановки фронта внешних верховых пожаров. Заслоны окаймляются просеками, по которым прокладываются минерализованные полосы шириной 3–4 м. В тех местах, где заслон проходит через монохвойные древостои, необходимо устраивать продольные коридоры с минерализованными полосами через каждые 20–30 м. Пожароустойчивые опушки шириной 80–100 м и менее целесообразно формировать по отдельным второстепенным дорогам для разделения лесного массива на блоки второго порядка. Дальнейшая дифференциация обустраиваемой территории на блоки III порядка осуществляется прокладкой минерализованных полос с использованием имеющихся прочих препятствий для огня, сводимых непременно в замкнутую сеть, позволяющую оперативно устранять возможные загорания на минимальной площади.

*Ключевые слова:* леса Прибайкалья, пожароопасность, жизнеспособность, отпад деревьев, пожароустойчивость, противопожарные заслоны, пожароустойчивые опушки.

**DOI:** 10.31857/S0024114825020065, **EDN:** FXVIGD

Термины “пожароопасность” и “пожароустойчивость”, несмотря на противоположность по их значению, взаимообусловлены видовым составом и структурой фитоценозов. Пожарная опасность как вероятность возникновения пожара в лесу

потенциально предопределена его возгораемостью от огня при определенных метеоусловиях (Курбатский, 1962, 1970). Под пожароустойчивостью лесных насаждений понимается плохая воспламеняемость при достаточной огнестойкости для сохранения

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках фундаментальных научных исследований по программам РАН № 0356-2016-0706. Номер государственной регистрации (ЦИТИС) № АААА-А17-117101940014-9 «Теоретические основы сохранения экологического и ресурсного потенциала лесов Сибири в условиях возрастающего антропогенного пресса и климатических аномалий».

жизнеспособности деревьев (Шешуков и др., 1987). Следовательно, располагая данными о потенциальных вариациях пожароопасности в разных насаждениях лесного массива, можно установить относительно пожароустойчивые и негоримые (слабогоримые) компоненты с тем, чтобы при проведении лесовосстановления, а также целенаправленными рубками и другими мероприятиями формировать на их основе канву препятствий для распространения возникающих загораний (пожаров).

Обычно под устойчивостью растений понимается их способность противостоять воздействию любых экстремальных факторов среды. Это свойство выработано в процессе эволюции и генетически закреплено (Биологический энциклопедический словарь, 1986). Уместно заметить, что сложившийся в процессе эволюции лесов Прибайкалья режим пирогенного воздействия на них был, вероятнее всего, умеренным по интенсивности и локальным по площади распространения огня. В доисторическое время пожары в лесах могли возникать в основном от гроз, т. е. в период летней неустойчивости погоды с частыми и обильными дождями. Современная ситуация с пожарной нагрузкой на леса региона абсолютно не соответствует эволюционно обусловленному уровню, т. е. намного превышает его. Отсюда тяжелые последствия, в том числе обезлесение. Пожары возникают в большинстве случаев по вине человека преимущественно весной, в начале лета и осенью, т. е. до начала либо в конце активной вегетации фитоценозов, в сухие периоды, когда осадки выпадают редко и в малом количестве (Бузыкин, 1969; Евдокименко, 1974, 2008).

Институтом леса, начиная с 60-х гг. прошлого столетия, проведены по соответствующим госзаданиям длительные лесоводственно-пирологические исследования в бассейне оз. Байкал. По результатам этих исследований была разработана методическая основа с необходимыми предложениями для экологизации лесопользования и совершенствования охраны лесов от пожаров (Жуков, Поликарпов, 1973). Практическое осуществление разработок Института леса позитивно отразилось на состоянии лесов региона в 1980—1990-х гг. Неслучайно природный комплекс оз. Байкал был включен в список объектов Всемирного природного наследия.

Ныне противопожарную охрану лесов вернули к старому (номинальному) способу, стали соотносить с примитивной экономической эффективностью затрат. Если ущерб от пожаров бывает меньше расходов на их обнаружение и тушение, то, по их мнению, нецелесообразно охранять леса в соответствующих районах. Причем в расчетах суммы ущерба превалирует стоимость потерь древесины и расходов на лесоохранные работы, а средозащитная и водоохранная значимость лесов из этих расчетов выпадает. Это свидетельствует о снижении уровня охраны лесов. Может быть, в иных районах такой

подход допустим, но только не на Байкале, где находится 80% национального ресурса пресной воды, к тому же пока еще преимущественно чистой.

Лесную охрану сократили до критического минимума — за лесом некому смотреть. В общей организации и технической оснащенности лесного хозяйства преобладает индифферентное отношение к пирогенному фактору. Выгоревшие пространства в годы с аномальной горимостью многократно превосходят суммарную площадь лесовосстановления и рубок ухода. Основная цель данной статьи — анализ обозначенной проблемы с предложениями по ее разрешению, исходя из результатов собственных исследований авторов в Прибайкалье.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Пожароопасность растительных комплексов по всем высотным поясам была исследована на Хамар-Дабане. Стационарные пирологические наблюдения проводились на 41 опытном участке размером 0,3×0,6 га в течение 5-летнего периода, охватывающего достаточно широкую амплитуду климатических колебаний по высотно-поясным комплексам растительности (ВПК) в регионе. Прослежена сезонная динамика увлажнения и высыхания напочвенного слоя горючих материалов и отдельных его компонентов по методике Н. П. Курбатского (1970, 1972). Было взято в общей сложности 6 тыс. образцов с частотой 2—3 раза в неделю. Параллельно, начиная с первого дня после выпадения осадков, проводили наблюдения за пожарной зрелостью исследуемых категорий, критерием которой было принято независимое от первичного источника распространение огня. Пробные зажигания напочвенного покрова проводили также на 46 маршрутных опытных участках с соблюдением необходимых мер пожаробезопасности.

Метеорологическая информация получена в основном из фондов ближайших метеостанций. В необходимых случаях, при удалении участков наблюдений от метеостанций более чем на 15—20 км, проводили собственные измерения осадков, температуры и влажности воздуха на открытых местах вблизи наших опытов. Условия увлажнения в период исследований существенно варьировали: обычная метеоситуация — 3 года, благоприятная — 1, сильная засушливость также прослеживалась 1 сезон. При маршрутных исследованиях (низовья долин рек Селенги, Турки, Баргузина и Верхней Ангары) влагосодержание лесных горючих материалов не определяли. Основное внимание обращалось на загораемость напочвенного покрова при том или ином состоянии погоды, выраженном величиной комплексного метеопказателя

$$\Sigma[t(t - \tau)],$$

где  $t$  — температура воздуха в полдень,  $\tau$  — точка росы.

Характерные вариации пожароопасности лесов прослежены на территории, занимающей более 5 млн га. В итоге 5-летних экспериментальных наблюдений установлены основные показатели пожароопасности исследуемых объектов: критическая длительность сухой погоды по отдельным периодам сезона (весна, лето, осень), длительность пожароопасного состояния, классы пожарной опасности. Возникновение и распространение реальных пожаров изучалось в процессе авиамониторинга, проведенного над лесами региона в течение двух пожаронапряженных сезонов (1964—1965 гг.). При авиамониторинге в течение 2-х сезонов выясняли общие закономерности распространения крупных пожаров, а также локальную пожароустойчивость отдельных категорий и потенциальную целесообразность противопожарного обустройства определенных участков в лесных массивах.

Наблюдения за послепожарными изменениями строения и прироста древостоев проведены на пробных площадях, подбираемых попарно (горельник—контроль) таким образом, чтобы выдерживалось достаточное сходство контрольных участков с горевшими насаждениями по допожарному состоянию их основных лесоводственно-таксационных показателей. В этом отношении обычно возникают методические затруднения, поскольку кромки пожарищ в горной местности располагаются по естественным рубежам (пади, проточные ложбины и др.), а разделяемые ими участки отличаются по экспозициям, типам леса, составу древостоев. Поэтому приемлемые варианты горевших и контрольных насаждений находили в тех местах, где пожар был локализован возле дорог, просек с минерализованными полосами, пересекающих однородные объекты.

Размеры пробных площадей установлены в расчете на приемлемую для определения таксационных показателей точность: средний диаметр древостоя — 2%, средняя высота — 2—3%, запас древесины — 2.5—3.0%, текущий прирост по запасу — 8—10%. В горельниках регистрировали интенсивность пожара по огневым повреждениям напочвенного покрова, нижних ярусов фитоценозов, нагару на стволах, поражениям крон и др. Запас древесины и текущий прирост определяли по модельным деревьям (15—20 шт. на каждой пробной площади). При упрощенной методике измеряли радиальный прирост по цилиндрическим кернам длиной 4—5 см, высверливаемым из периферической части древесных стволов с помощью возрастного бурава, 2—3 образца по всем ступеням толщины.

Детальная картина начальной фазы последствий пожара в зависимости от его интенсивности была прослежена в лиственнично-сосновом насаждении на южном макросклоне Хамар-Дабана. При изучении лесоводственных последствий низовых пожаров в кедровниках применяли упомянутый упрощенный вариант зондирования жизнеспособности деревьев

по цилиндрическим кернам из периферической части древесных стволов из верхнего полога.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

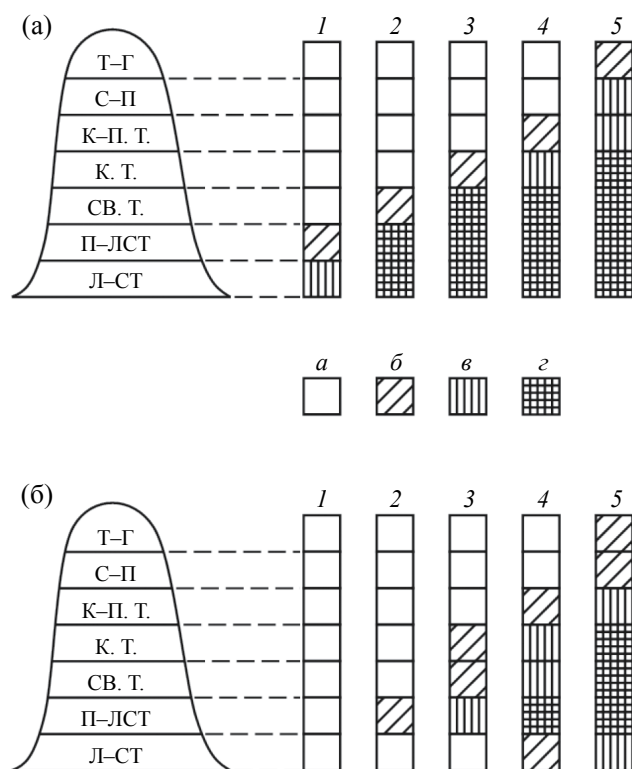
Изучению роли пожаров в лесообразовательном процессе уделяли значительное внимание известные лесоводы в нашей стране и за рубежом (Мелехов, 1948, 1965; Молчанов, 1954; Davis, 1959; Brown, 1960; Uggle, 1960; Mount, 1964; Ahlgren, Ahlgren, 1965; Viro, 1969; Соорег, 1971; Фуряев, 1977, 1996).

Формирование пожароустойчивых лесов является важной проблемой лесного хозяйства в Прибайкалье, обусловленной высокой пожароопасностью преобладающих хвойных насаждений. Конечно, даже в идеале трудно ожидать выращивание абсолютно негоримых либо не повреждаемых пожарами насаждений на значительной площади. Задача заключается в том, чтобы при проведении разных рубок и лесовосстановительных мероприятий в лесных массивах снижалась их пожароопасность, а также формировалась замкнутая система лесных насаждений, устойчивых к пирогенному фактору, посредством создания препятствий, ограничивающих распространение возникающих загораний. Известно, что даже отдаленные от населенных пунктов неосвоенные леса горят по-разному, в зависимости от их состава, структуры древостоев, состояния напочвенного покрова и пр. Следовательно, для практического осуществления такой задачи уместно исходить из природной дифференциации пожароопасности и реальных последствий пожаров в разных насаждениях. Соответствующие данные к настоящему времени получены в результате многолетних лесопирологических исследований (Евдокименко, 1977, 1991, 2008).

Схематическая иллюстрация пожароопасности растительности по всем высотно-поясным комплексам (ВПК) приведена на рис. 1. Верхняя часть рисунка иллюстрирует обстановку весны и осени, когда травяной напочвенный покров не вегетирует, а внизу — летняя ситуация, соответствующая периоду с активной вегетацией травянистых растений. Диаграммы дифференциации пожароопасности по ВПК приведены в 5 вариантах в соответствии с принятыми в лесной охране классами пожароопасности по условиям погоды.

Расширение пожароопасного участка спектра весной и осенью протекает адекватно изменениям длительности сухой погоды и температуры воздуха. Лугово-степной и подтаежно-лесостепной ВПК занимают на спектрах инициальное положение как в начале пожароопасного сезона, так и осенью. В эти периоды участки с сухим травяным покровом при любом значении комплексного метеопоказателя легко воспламеняются от разных источников огня.

На летних спектрах отмеченная высотная закономерность нарушается, так как летом на процесс пожарного созревания влияет не только атмосферное



**Рис. 1.** Весенне-осенние (А) и летние (Б) пирологические спектры горных лесов.

Высотно-поясные комплексы растительности: лугово-степной (Л-СТ), подтаежно-лесостепной (П-ЛСТ), светлохвойный таежный (СВ.Т.), кедровый таежный (К.Т.), кедрово-пихтовый таежный (К-П.Т.), субальпийско-подгольцовый (С-П), тундрово-гольцовый (Т-Г).

Классы комплексного метеопоказателя: 1—5.

Пожароопасность ВПК: а — непожароопасное состояние; б — слабая пожароопасность, до 30% территории данного ВПК; в — средняя пожароопасность, 31—70%; г — высокая пожароопасность, 71—100%.

увлажнение, но и вегетация напочвенного покрова, а также других ярусов растительности в насаждениях.

Получены данные о длительности периода пожароопасного состояния в разных ВПК и типах леса как суммарного за весь пожароопасный сезон, так и непрерывного — по отдельным периодам без атмосферных осадков. Уместно заметить, что многолетние наблюдения позволили проследить лесопожарную ситуацию в разные сезоны, отличающиеся по сумме и обилию осадков (благополучный, обычный, экстремальный). Длительность пожароопасного сезона зависит от продолжительности бесснежного периода, которая в верхних ВПК почти вдвое короче, чем на лесостепных участках по долинам крупных рек. Еще более контрастны различия в снегозапасах. Осадки за холодный период года во влажных поясах с темнохвойными насаждениями и в субальпийских лиственничных редколесьях в 2—4 раза выше по сравнению с подтаежными и лесостепными участками.

Незначительный снежный покров в светлохвойных насаждениях на южном макросклоне (до абсолютной высоты 650—700 м над ур. м.) сходит, преимущественно испаряясь, обычно во второй половине марта. Соответственно, там практически не бывает талой воды, поэтому напочвенный слой горючих материалов после испарения снежного покрова почти не увлажняется.

Первые степные пожары в Южном Прибайкалье возникают в конце марта — начале апреля. От них горение может распространяться на освобождающиеся от снега леса, приуроченные к слабоподнятым инсолируемым местоположениям. Далее в течение апреля загорания лесов возможны на всей площади подтаежно-лесостепного ВПК, а в последней декаде месяца пожарная опасность регистрируется и на большей части светлохвойного таежного ВПК. В темнохвойных лесах пожарная опасность наступает намного позже. В кедровом таежном и кедрово-пихтовом ВПК таяние снега растягивается на весь май, а в субальпийско-подгольцовом ВПК разрушение снежного покрова заканчивается в июне и вследствие высокой насыщенности влагой пожарное созревание напочвенного покрова протекает медленно.

Окончание пожароопасного сезона регистрировалось по высотным поясам в обратной последовательности, по мере появления в них снежного покрова. Следовательно, максимальная продолжительность возможной горимости лесов за отдельно взятый сезон отмечается в нижних комплексах, где наряду с ранним началом регистрируется позднее окончание пожароопасного состояния. В самом начале пожароопасного сезона нелесные площади, свободные от снега, способны гореть даже при отрицательной температуре воздуха, а всего через 3—4 дня сухой погоды в лесостепи становятся пожароопасными почти все типы леса. Обычно эти леса загораются от так называемых “сельхозпалов”, при которых широкий фронт огня движется к лесным опушкам на большом пространстве. В подобной обстановке на горимость территории решающее влияние оказывает ветер, достигающий весной наибольшей силы. Ветры со скоростью более 15 м/сек. регистрируются по долинам крупных рек в среднем каждый пятый день. Сильные ветры в Баргузинской котловине наблюдаются примерно каждый третий день, причем на отдельных участках байкальского побережья весной бывают ветры более 30 м/с.

В подтайге на восточном побережье Байкала преобладают сосняки, в которых лесной опад по скорости высыхания до воспламеняемого состояния мало отличается от травяной ветоши. Опавшая на землю хвоя также образует рыхлый и хорошо вентилируемый слой. Смолистость хвоинок обуславливает легкую воспламеняемость их оппада и высокую интенсивность горения. При отсутствии весенних осадков до конца апреля — начала мая пожары в сосняках

губят не только молодняки, но и древостои от среднего до спелого возраста.

В процессе авиамониторинга горимости лесов в бассейне оз. Байкал установлено, что в лиственничниках возникали в основном низовые пожары. Отдельные вспышки верхового огня отмечались при длительной засушливости лишь в молодняках, приуроченных к наиболее сухим типам леса.

Пожарное созревание таежных сосняков и лиственничников отстает от насаждений, образующих подтаежно-лесостепные комплексы. Повышенное исходное влагосодержание напочвенного покрова — следствие относительной обеспеченности зимними осадками. Испарение влаги из лесного опада, располагающегося в кустарничковом ярусе или на моховой подушке, замедлено.

На открытых участках среди таежных лиственничников луга чередуются с кустарничковыми зарослями, преимущественно ерниковыми. Их ускоренное пожарное созревание весной сочетается с высокой интенсивностью горения. Следовательно, ручьи и мелкие реки, к долинам которых они приурочены, не могут служить противопожарными барьерами.

Полное пожарное созревание светлехвойной тайги в вегетирующем состоянии происходит в течение 2-х недель сухой погоды. Обычный интервал времени без осадков бывает дольше, а в особенно засушливые годы достигает 2 месяца и более. Отсюда следует, что даже в метеоусловиях, соответствующих многолетней норме, в период весеннего пожарного максимума отмечается пирологическая монотонность территории, занимаемой тремя ВПК: лугово-степным, подтаежно-лесостепным и светлехвойным таежным. Критический порог комплексного метеопоказателя составляет в это время около 3000 ед. При достижении этого порога примерно 2/3 байкальских лесов способны гореть.

Абсолютно негоримых насаждений в светлехвойной тайге в отмеченном интервале засушливости практически нет. Встречаются лишь отдельные категории лиственничников на северных склонах, которые вследствие замедленного пожарного созревания оказываются относительно малогоримыми. Практически негоримы осинники, но они представлены разрозненными участками. Относительно широко встречаются березняки, которые малопожароопасны лишь в вегетирующем состоянии, а весной рыхлый опад из сухих березовых листьев по возгораемости не уступает лиственничному опад.

В лиственничных лесах вследствие присущих им особенностей возникают в основном низовые пожары. Доминирование лиственничников в лесных массивах, соответственно, препятствует обезлесению от пожаров. Полностью гибнут от локальных вспышек сильного огня и интенсивных низовых пожаров сосняки, кедровники, ельники, пихтачи, кедровый стланик.

Пожароопасность ряда типов леса в светлехвойной тайге контрастно меняется в зависимости от фенологических фаз травяного покрова, как и на степных участках. Травяные типы леса и ерники летом малопожароопасны. Зато кустарничково-моховые категории, наоборот, на прогретой почве созревают в пожарном отношении быстрее, чем весной и осенью. Потенциальные сезонные вариации крупных (ландшафтных) пожаров по высотным поясам приведены в табл. 1, составленной на основании авиамониторинга и лесопожарной статистики.

**Таблица 1.** Сезонные вариации ландшафтных пожаров в зависимости от метеоситуации

ВПК	Метеоситуация сезонов		
	влажная	обычная	засушливая
Лугово-степной	весна	весна, осень	весна, осень
Подтаежно-лесостепной	—//—	—//—	весна, лето, осень
Светлехвойный таежный	—//—	—//—	—//—
Кедровый	—	лето, осень	лето, осень
Кедрово-пихтовый	—	—//—	—//—
Субальпийско-подгольцовый	—	осень	—//—

Леса верхних поясов наименее пожароопасны благодаря достаточному и даже избыточному увлажнению, а также особенностям состава и структуры напочвенного покрова. После схода снега или выпадения осадков моховой слой просыхает медленно. Даже в начале пожарной зрелости конкретного участка леса моховой очес и располагающаяся под ним лесная подстилка обладают высокой суммарной влажностью. Это особенно характерно для пологих местоположений с многолетнемерзлотными почвами. В зеленомошных типах леса ускорение пожароопасного созревания наблюдается на парцеллах, где произрастают лишайники из рода Кладония. Однако при мозаичности их распространения они не влияют заметно на общую ситуацию.

По количеству атмосферных осадков благополучны (в пирологическом аспекте) леса на юге и юго-востоке Прибайкалья. Сумма осадков за год по соответствующим метеостанциям составляет: Слюдянка — 488, Солзан — 714, Выдрино — 1101, Снежная — 1228, Танхой — 939, Бабушкин — 657, Кабанск — 510, Черемухово — 547, Горячинск — 547 мм. Этому способствует облачность, формирующаяся над Байкалом и поднимающаяся далее над наветренными склонами хребтов Хамар-Дабана и Улан-Бургасы (Верболов и др., 1965). Фактическая загораемость лесов в этих районах в значительной мере связана с их высокой антропогенной нагрузкой. Достаточно

многочисленное местное население часто посещает богатые таежные кладовые, богатые всевозможными дикоросами, в том числе кедровым орехом. Экзотическое разнообразие прибайкальской природы привлекает туристов и отдыхающих. Их численность из года в год увеличивается, а соответственно, растет антропогенная нагрузка на побережные лесные массивы, чему способствует относительно густая транспортная сеть. Поэтому следует совершенствовать технологии и организацию лесного хозяйства, чтобы целенаправленно формировать пожароустойчивые леса, по крайней мере, на особенно посещаемых участках.

Диапазон вариаций пожароопасности лесов в Южном Прибайкалье достаточно широкий, что обусловлено обилием атмосферных осадков и значительной площадью лиственных насаждений, которые потенциально надо рассматривать основой пожароустойчивости в лесных массивах (Мелехов, 1965).

Получены данные о последствиях пожаров в сосновых и кедровых насаждениях Прибайкалья. Таксационная характеристика древостоев приведена в табл. 2.

Пробные площади были заложены вблизи кромки пожарища, в непосредственной близости одна от другой. По допожарному состоянию все участки относились к одному таксационному выделу. Поэтому смежный участок в негоревшей части выдела служит общим контролем для всех поврежденных огнем фрагментов. Интенсивность и виды пожаров определялись по классификации Н. П. Курбатского (1962).

Исследованные участки в сосняках на Б. Хамар-Дабане отражают ситуацию с последствиями низового пожара 2-летней давности разной интенсивности. Следует отметить, что на ПП 5 огневая обстановка была наиболее экстремальной — низовой пожар высокой интенсивности сопровождался

локальными вспышками пламени в пологе древесных крон. Там повреждения деревьев оказались губительными. Полнота и запас древостоя уменьшились в 5 раз, вследствие чего сомкнутое насаждение превратилось в редины, состоящую в основном из лиственниц.

Общепринятое современное представление о пожароустойчивости насаждений "... способность совокупности деревьев сохранять жизнедеятельность после теплового воздействия пожаров" (ГОСТ 17.6.01—83) лесопирологи (Фуряев и др., 2014) предложили акцентировать на отпаде деревьев. По величине отпада можно судить об интенсивности пожара, а также об огнестойкости различных древесных видов. Об этом свидетельствуют результаты известных исследований природы лесных пожаров, выполненных в разных странах и регионах (Мелехов, 1948, 1965; Молчанов, 1954; Davis 1959; Brown, 1960; Ugglä, 1960; Курбатский, 1962; Mount, 1964; Ahlgren, Ahlgren, 1965; Cooper, 1971; Фуряев, Курбатский, 1972; Фуряев, 1977, 1996).

В кедровом насаждении последствия низовых пожаров оказываются еще более тяжелыми. Даже при средней интенсивности огневого воздействия полнота и запас 120-летнего кедровника уменьшались вдвое. На участке с низовым пожаром высокой интенсивности произошло полное отмирание насаждения. Известно (Ващук, Швиденко, 2006), что гари кедровых насаждений возобновляются значительно хуже, чем гари других насаждений.

Сосново-лиственничные леса юго-западного, восточного и северного Прибайкалья сильно пострадали от лесопирогенных аномалий, происходивших в 2003 и 2015 гг. Площади отдельных катастрофических пожаров измерялись десятками тысяч гектаров. Особенно нарушены за эти годы светлохвойные массивы в Голоустненском, Байкальском и Усть-Баргузинском лесхозах.

**Таблица 2.** Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев на пробных площадях

№ ПП	Интенсивность пожара	Состав древостоя	Возраст, лет	Класс бонитета	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Полнота	Запас древесины, м <sup>3</sup> /га
Бабушкинское лесничество (хр. Б. Хамар-Дабан)								
<i>Сосняки с примесью лиственницы рододендроновые брусничные</i>								
1	Контроль	8С 2ЛедБ	69	IV	16.6	15.4	0.9	210
2	Слабая	7С 3ЛедБ	73	IV	16.2	15.3	0.9	210
3	Средняя	7С 3ЛедБ	73	IV	17.1	15.1	0.7	180
4	Высокая	8С 2ЛедБ	73	IV	20.5	16.5	0.3	70
5	Высокая с выходом огня в кроны	7С 3ЛедБ	73	IV	28.5	17.0	0.2	40
Слюдянское лесничество (хр. Б. Хамар-Дабан)								
<i>Кедровники кустарничково-зеленомошные</i>								
6	Контроль	10КедС, Б	120	IV	23.0	18.0	0.7	284
7	Средняя	10КедС, Б	120	IV	30.0	20.0	0.4	162
8	Высокая	10КедС, Б	120	IV	—	—	—	—



А. Б. Жуков (1963) считал перспективной задачей в области лесопожарной профилактики создание негоримых и пожароустойчивых лесов паркового типа на значительной части территории. По его мнению, существующая система противопожарных полос и разрывов нуждается в коренном пересмотре, на что, вероятно, потребуются длительное время. К сожалению, лесоводам, особенно в Сибири, приходится мириться с длительным временем для выращивания насаждений. Ожидаемые результаты экспериментальных посадок и некоторых рубок не дано воочию увидеть многим из их создателей. На помощь приходят известные результаты многолетних лесопирологических исследований, а также объективные данные о лесообразовательном процессе в Байкальском регионе. В 1960—70-х гг. осуществлена широкая программа экспериментальных рубок и лесовосстановительных мероприятий, поэтому по нынешнему состоянию опытных объектов можно обоснованно оценить их целесообразность и эффективность.

Значительная часть отмеченных работ была проведена в лесах юга и юго-востока Прибайкалья. Некоторые из них ныне представляются уникальными, как, например, кедросад в Бабушкинском лесхозе, буквально за околицей побережного пос. Ключевка

(см. рис. 2), созданный под методическим руководством лесоводов Института леса.

В традиционно установившейся системе лесовосстановления и ухода за лесом пожароустойчивость насаждений рассматривается лишь номинально, с отсылкой к специальным нормативным основаниям, касающимся противопожарного обустройства байкальских лесов, хотя в контексте главных задач по обеспечению устойчивого лесопользования на экологической основе указывается на необходимость охраны лесов от пожаров (Бузыкин, Иванов, 2008).

Для преодоления подобного индифферентного отношения в регионе Институт лесоводства разработаны рекомендации по применению новых вариантов ухода за лесом: рубок обновления и перестройки. Рубки обновления — рубки ухода, проводимые в спелых и перестойных насаждениях с целью их обновления путем создания благоприятных условий для роста молодых перспективных деревьев. Рубки перестройки направлены на коренное изменение возрастной структуры, состава и строения древостоев для создания благоприятных условий деревьям целевых пород, поколений и ярусов (Онучин и др., 2016).



**Рис. 2.** Кедросад на южном побережье оз. Байкал (близ пос. Ключевка). Создан под методическим руководством Н. П. Поликарпова и В. В. Иванова (из архива В. В. Иванова).



Фактическая пожароустойчивость обновленных и переформируемых насаждений существенно трансформируется, для чего в рекомендациях предусмотрен целый комплекс компенсирующих противопожарных мероприятий.

Исходный момент — не допускать критических скоплений горючих материалов на участках рубок. К сожалению, этим изъязном страдают так называемые “реконструктивные” рубки, проводимые

в долине р. Турки. Фактически эти рубки проводятся Байкальской лесопромышленной компанией для форсированной заготовки пиловочных бревен I—II сорта. Остальная часть вырубаемой древесной массы оставляется на лесосеках, что многократно повышает массу горючих материалов с высокой вероятностью интенсивных пожаров после таких рубок. Это и произошло на самом деле в 2015 г. с полной гибелью “реконструированных” насаждений (рис. 3 и 4).



Рис. 3. Гарь в долине р. Турки на участке, где до пожара была проведена “реконструктивная” выборочная рубка древостоя.



Рис. 4. Верховой пожар в долине р. Баргузин свободно преодолел автотрассу, окаймленную с обеих сторон противопожарными коридорами с минерализованными полосами.



Еще в 1960-х гг. Институтом леса предлагалось устраивать свободные от любых древесных остатков противопожарные полосы шириной 15–20 м по всему периметру лесосек. Посередине этих полос следовало пропахать широкие (до 5 м) минерализованные борозды или полосы (Побединский, 1965). На остальной площади лесосеки предварительно измельченные порубочные остатки собираются в кучи диаметром 1.0–1.5 м и высотой до 1.0 м. Последующее их сжигание следует проводить в пожаробезопасное время, лучше всего в начале зимы, с появлением снега.

Устройство искусственных противопожарных барьеров в лесных массивах будет эффективным лишь в том случае, когда они образуют упорядоченную замкнутую сеть. В бессистемном виде они бесполезны. Это заметно на примере дорог, которые при достаточно большой густоте в освоенных, интенсивно посещаемых лесах не образуют изолированных блоков. Конечно, любая система препятствий сама по себе не защитит от верховых и даже от интенсивных низовых пожаров, особенно при сильном ветре. Лишь оперативное обнаружение загораний и своевременная доставка пожарных позволят локализовать огонь в пределах изолированного соответствующими препятствиями блока.

Целесообразность рекомендуемого обустройства лесов, связанного с немалыми затратами, определяется к наиболее ценным и пожароопасным массивам. Выделяются блоки I, II и III порядков. Блоки I порядка, площадью 1–4 тыс. га, обеспечивают возможность ликвидации интенсивных пожаров в случае запоздалого их обнаружения, а также при сильном ветре. Они ограничиваются наиболее мощными препятствиями для огня: реками шириной более 20 м, озерами, железной дорогой, магистральными автодорогами, дорогами противопожарного назначения, трассами электропередач с проложенными по ним дорогами и минерализованными полосами, противопожарными заслонами.

Противопожарные заслоны шириной 250–300 м следует формировать с обеих сторон дорог, проходящих через массивы хвойных молодняков, а также среди насаждений других возрастных групп, если в их составе преобладают сосна, кедр, ель с пихтой. Они предназначены для остановки фронта возможных внешних верховых пожаров, которые свободно преодолевают ныне существующие широкие барьеры (рис. 3, а). Ширина заслонов дифференцируется сообразно порядку выделяемых блоков. Заслоны окаймляют узкими просеками, по которым прокладываются минерализованные полосы в два следа плуга ПКЛ-70 или однократным проходом плуга ПЛП-135. Поврежденные при этом деревья и кустарники убираются одновременно с очисткой насаждений от захламленности или с порубочными остатками после проведения ухода за насаждениями.

Регулирование состава насаждений рубками ухода заключается в выборке части хвойных деревьев

и в создании условий для преимущественного развития лиственных пород, включая стимулирование их вегетативной репродукции. Основной задачей этих работ является формирование оптимальной структуры и сомкнутости полога крон, при которых верховой огонь не может распространяться (Фурьев и др., 2005, 2012).

В молодняках I класса возраста оптимальная примесь лиственных после проведения ухода составляет 6–7 ед. в составе насаждений; для II класса возраста — 4–5 ед., а во всех последующих возрастных группах — 3–4 единицы. Оптимальная полнота смешанных насаждений — 0.6–0.8.

При отсутствии или незначительном (до 20%) участии лиственных в составе насаждения проводится интенсивное изреживание хвойного молодняка или средневозрастного древостоя до полноты 0.5–0.6.

Уход осуществляется по низовому методу для предупреждения излишнего накопления горючих материалов за счет естественного отпада деревьев. Целесообразна также выборка отдельных крупных деревьев с низко опущенными кронами. Полным удалением нижнего полога достигается резкое увеличение высоты подкронового пространства, а деревья верхнего полога за счет оптимальной густоты ускоряют свой рост и в более короткое время преодолевают уязвимое к низовому огню состояние.

По окончании ухода соответствующие участки освобождаются от захламленности. Стволы срубленных деревьев, валежины, ветви и сучья следует собирать в кучи на полянах и прогалинах либо в “окнах” древостоя и на просеках, а затем после подсыхания до воздушно-сухого состояния сжигать в непожароопасную погоду.

При появлении в заслонах на обочинах дорог или на просеках хвойного подроста общей сомкнутостью более 0.4 противопожарная роль соответствующих участков нарушается. В таких случаях необходимо периодически убирать подрост механизированным способом с применением катков-осветлителей типа КОК-2, мульчеров и других механизмов.

Применение катков-осветлителей и мульчеров для удаления хвойного подроста наиболее эффективно в смешанных насаждениях, особенно с осинкой, где механическое воздействие на лиственные породы инициирует появление корневых отпрысков и поросли. То же касается чистых хвойных древостоев с подлеском из ольховника. В результате механического воздействия на подрост его измельченные остатки перегнивают в течение 2–3 лет, а вместо него образуется негоримая лиственная опушка по краям хвойного насаждения.

В чистых сосновых насаждениях на мощных песчаных, супесчаных или легко суглинистых почвах без камней целесообразно проводить обработку непочвенного покрова грунтометами. Присыпка опада и перемешивание его с мелкоземом в весеннее время,

сразу после оттаивания верхних горизонтов почвы, существенно ослабляет пожароопасность в лесу. Эффект от данной технологической операции сохраняется на протяжении всего пожарного максимума, поскольку в это время не бывает ливневых дождей, способных смыть мелкозем в глубь подстилки, а процесс опадения хвои весной протекает очень слабо.

Грунтометами обрабатываются преимущественно опушки насаждений по обочинам дорог и вдоль просек. В редкостойных средневозрастных и в более старых сосняках, где возможно движение трактора без повреждения деревьев, рекомендуется ступенчатая (через 15–20 м) обработка напочвенного покрова грунтометами. Движение трактора осуществляется в параллельном по отношению к оси заслона направлении. Вместо грунтометов можно применять также дисковые бороны и плуги.

Функция минерализованных полос внутри заслона заключается в устройстве ступенчатых преград, которые ослабляют или частично задерживают кромку низового огня. Кроме того, они пригодны в качестве опорных полос при отжиге.

На отдельных ответвлениях от магистральной дороги, которые пересекают наиболее ценные участки лесного массива, целесообразно формировать двухсторонние пожароустойчивые опушки шириной до 40–50 м с каждой стороны, создавая таким образом противопожарные заслоны второго порядка. Технологическая схема лесосечных работ в данном случае может изменяться с учетом технических возможностей лесозаготовителя и конкретных лесорастительных условий. Очень важно, чтобы заслоны второго порядка были окаймлены с внешних сторон магистральными волоками с широкими минерализованными полосами.

Соответственно уменьшенной ширине заслонов второго порядка снижается их надежность, которая может оказаться недостаточной для остановки опасных верховых пожаров. Однако в сочетании с отжигом эти барьеры будут высокоэффективными. То же следует отметить и в отношении лесовозных дорог (усов), которые должны быть сведены в замкнутую сеть, образующую третий уровень деления территории на изолированные блоки.

При этом следует максимально использовать естественные препятствия для огня (реки, ручьи, озера, сырые участки леса и др.), дополняя их при необходимости минерализованными полосами для соединения концевых участков лесовозных усов. Мелкие реки (пади), русла которых не обособлены от травяно-кустарниковой растительности, можно включать в сеть барьеров после усиления их искусственными элементами — прокладкой минерализованных полос с обеих сторон поймы по опушкам леса, что позволяет производить безопасное выжигание трав и кустарников.

В светлехвойных лесах региона распространены группово-разновозрастные древостои, в которых

участки спелого и перестойного возраста перемежаются сравнимыми по площади куртинами более молодых насаждений. Поэтому длинные заслоны могут проходить через насаждения разных групп возраста. Приспевающие и более старые древостои следует подвергать интенсивной минерализации напочвенных горючих материалов с применением рекомендованной выше технологической схемы, а в молодняках и средневозрастных насаждениях целесообразны рубки ухода, направленные на повышение доли лиственных пород в их составе. Там же, где по лесорастительным условиям такое переформирование состава невозможно, необходимо осуществлять интенсивные прочистки и прореживания по низовому методу, формируя насаждения паркового типа с высоким расположением полога крон. Наиболее перспективны подобные рубки в лиственничниках, как рекомендуют лесоводы ДальНИИЛХ (Шешуков и др., 1987; Шешуков, 1999).

Формирование пожароустойчивых насаждений уместно не только на противопожарных заслонах, но и на других участках, где проводятся рубки ухода, в том числе рубки обновления и переформирования, если там существует высокая вероятность интенсивных пожаров. Но целесообразность специальных работ, вследствие повышенных трудозатрат, связывается с сохранением от огня наиболее ценных насаждений: лесопарков, курортных лесов, островных боров на территории лугово-степных комплексов. Особое внимание надо обратить на естественные эталонные участки кедрачей и высокопродуктивных сосняков, образовавшиеся среди производных лиственных лесов на побережье оз. Байкал. Они могут стать своего рода региональными эталонами своеобразия и пожароустойчивости насаждений.

Перспективным является региональный опыт применения коридорного способа ухода за древостоями с прокладкой по коридорам двойных минерализованных полос с помощью плуга ПЛ-3. Коридоры должны быть сведены в замкнутую сеть из расчета получения изолированных участков в пределах 3–5 га.

В зоне избыточного увлажнения неотъемлемым элементом противопожарных барьеров из насаждений являются отдельные типы леса с наиболее низкими темпами пожарного созревания. К ним следует отнести сырые типы хвойных лесов и заболоченные участки, приручьевые насаждения с гидрофильным напочвенным покровом. Там же достаточно распространены непожароопасные осинники. Эти категории можно включать составными частями в противопожарные заслоны без каких-либо дополнений их искусственными препятствиями для огня.

Блоки второго порядка, площадью 100–200 га, выделяются в тех лесных массивах, где высока пожароопасность вследствие большой и регулярной антропогенной нагрузки с частыми загораниями. На данном уровне деления территории, кроме указанных для блоков первого порядка препятствий, используются:

любые дороги, обеспечивающие проезд лесопожарного транспорта, придорожные пожароустойчивые опушки (узкие противопожарные заслоны), мелкие реки (пади), а также просеки с широкими (4—6 м) минполосами. Заслуживает внимания региональный опыт посадки тополя на противопожарных разрывах (Медведев, 2004; Евдокименко, 2008).

Блоками третьего порядка, размером 10—20 га, рекомендуется разделять отдельные ценные массивы и насаждения, отличающиеся крайней пожароопасностью. Основу данного деления образуют все дороги на соответствующих участках и любые естественные препятствия для огня, сводимые в замкнутые контуры минерализованными полосами, с регулярным их подновлением.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Широкий диапазон вариаций пожароопасности и относительно разнообразный для региона состав лесов позволяют формировать пожароустойчивые насаждения в Прибайкалье, преимущественно в хвойно-лиственных и лиственных массивах. Это должно быть основным приоритетом лесного хозяйства при проведении рубок ухода и лесовосстановительных мероприятий, исходя из больших потерь лесов от пожаров. Нынешние площади, где проводят уход за насаждениями и лесовосстановление, абсолютно несопоставимы с пирогенными потерями. Они на несколько порядков меньше пустырей от современных гарей. Декларативные задачи по продуктивности лесов и их биоразнообразию недостижимы без сокращения их горимости.

С другой стороны, осуществление комплекса мер по формированию относительно пожароустойчивых участков леса, а также надлежащее противопожарное обустройство лесной территории с созданием замкнутых систем препятствий для распространения возникающих пожаров сопряжены с немалыми затратами. Поэтому надо максимально сконцентрировать имеющиеся в лесном хозяйстве финансовые средства и технические возможности для эффективной защиты лесов от пожаров преимущественно на особо ценных участках, с учетом их посещаемости и высокой горимости.

Технологическому прогрессу в противопожарном обустройстве лесных массивов будут способствовать новые варианты ухода за спелыми и перестойными древостоями, которые занимают в Прибайкалье значительную площадь. Рубки обновления и перестройки древостоев в оптимальном сочетании с обычным уходом за насаждениями других возрастных категорий надо проводить для формирования надежных противопожарных препятствий (заслонов и пожароустойчивых опушек), а также эталонных показательных участков (преимущественно кедровых и сосняков) в пожароустойчивых вариантах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Биологический энциклопедический словарь / Под ред. М.С. Гилярова. М.: Советская энциклопедия, 1986. 832 с.
- Бузыкин А.И. Леса Бурятской АССР // Леса СССР. М.: Наука, 1969. Т. 4. С. 388—437.
- Бузыкин А.И., Иванов В.В. Использование и восстановление лесов бассейна Байкала // Леса бассейна Байкала (состояние, использование и охрана). Красноярск: Институт леса СО РАН, 2008. С. 113—158.
- Ващук Л.Н., Швиденко А.З. Динамика лесных пространств Иркутской области. Иркутск: Иркутская областная типография № 1, 2006. 392 с.
- Верболов В.И., Сокольников В.М., Шимараев М.Н. Гидрометеорологический режим и тепловой баланс озера Байкал. М.-Л.: Наука, 1965. 374 с.
- Евдокименко М.Д. Жизнеспособность деревьев после низовых пожаров // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1974. С. 167—196.
- Евдокименко М.Д. Пирологическая характеристика горной тайги в бассейне оз. Байкал // Охрана и восстановление лесов Забайкалья. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1977. С. 5—55.
- Евдокименко М.Д. Потенциальная пожароопасность лесов в бассейне оз. Байкал // Лесоведение. 1991. № 5. С. 14—25.
- Евдокименко М.Д. Природа пожаров в байкальских лесах и совершенствование их противопожарной охраны // Леса бассейна Байкала (состояние, использование и охрана). Красноярск: Институт леса СО РАН, 2008. С. 159—227.
- Жуков А.Б. Задачи лесной науки // Материалы по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Красноярск: Институт леса и древесины СО АН СССР, 1963. С. 3—20.
- Жуков А.Б., Поликарпов Н.П. Основы организации и ведения лесного хозяйства в бассейне озера Байкал // Лесное хоз-во. 1973. № 1. С. 68—77.
- Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат, 1962. 153 с.
- Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. С. 5—58.
- Курбатский Н.П. Некоторые вопросы стратегии, тактики и техники охраны леса от пожаров // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1972. С. 119—130.
- Медведев Н.Е. Леса и лесное хозяйство Бурятии. Улан-Удэ: Республиканская типография, 2004. 231 с.
- Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. М.-Л.: Гослестехиздат, 1948. 126 с.
- Мелехов И.С. Лесная пирология и ее задачи // Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними. М.: Лесная промышленность, 1965. С. 5—25.



- Молчанов А.А. Влияние лесных пожаров на древо-стои // Труды Института леса АН СССР. Т. 16. М.: АН СССР, 1954. С. 314—335.
- Онучин А.А., Иванов В.В., Евдокименко М.Д., Борисов А.Н., Петренко А.Е. Практические рекомендации по применению рубок обновления и переформирования в лесах бассейна озера Байкал Республики Бурятия. Красноярск: Институт леса СО РАН; Республиканское агентство лесного хозяйства Республики Бурятия, 2016. 25 с.
- Побединский А.В. Сосновые леса Средней Сибири и Забайкалья. М.: Наука, 1965. 268 с.
- Фураев В.В., Курбатский Н.П. Эффективность защитных минерализованных полос в сосновых молодняках // Вопросы лесной пирологии. Красноярск, 1972. С. 140—152.
- Фураев В.В. Принципы и методы повышения пожароустойчивости молодняков // Лесное хоз-во. 1977. № 9. С. 83—85.
- Фураев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, 1996. 252 с.
- Фураев В.В., Заблоцкий В.И., Черных В.А. Пожароустойчивость сосновых лесов. Новосибирск: Наука, 2005. 149 с.
- Фураев В.В., Самсоненко С.Д., Кузьмин А.Н., Черных В.В. О целесообразности трансформации противопожарных разрывов в заслоны // Лесное хоз-во. 2012. № 6. С. 43—44.
- Фураев В.В., Самсоненко С.Д., Фураев И.В., Шубин Д.А. Пожароустойчивость лесов юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2014. 155 с.
- Шешуков М.А., Пешков В.В., Михель В.А., Савченко А.П. Рекомендации по формированию насаждений пожароустойчивой структуры. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1987. 19 с.
- Шешуков М.А. Рекомендации по созданию в модельном лесу “Гассинский” защитных пожароустойчивых полос, сформированных из лиственницы путем ступенчатых посадок // Модельный лес “Гассинский”. Проблемы организации многоцелевого лесопользования. Хабаровск: РИОТИП, 1999. С. 115—117.
- Ahlgren J.F., Ahlgren C.E. Effect of prescribed burning on soil microorganisms in Minnesota jack pine forest // Ecology. 1965. № 3. P. 214—225.
- Brown A.A. The significance of fire in World Forestry // Fifth Forestry Congress. Seattle, USA, 1960. P. 214—232.
- Cooper R.W. The pros and cons of prescribed burning in the South // Forest Farmer. 1971. V. 31. № 2. P. 16—25.
- Davis K.P. Forest fire: control and use. N.Y.; Meadow Hill Co., 1959. 595 p.
- Mount A.B. The interdependence of the eucalypts and forest fires in southern Australia // Australian Forestry. 1964. V. 28. № 3. P. 93—108.
- Uggla E.A. Ecological effects of fire on North Swedish forests // Fifth Forestry Congress. Seattle, USA, 1960. P. 120—139.
- Viro P.J. Prescribed burning in Forestry // Communication. Inst.—Helsinki: Forestalls Fannies, 1969. 215 p.

## Variation in Forests Flammability and Formation of Fire Resistant Stands in Baikal Region

M. D. Evdokimenko<sup>1</sup>, A. A. Onuchin<sup>1</sup>, V. V. Ivanov<sup>1</sup>, A. N. Borisov<sup>1</sup>\*, A. E. Petrenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Forest Institute, Siberian Branch of the RAS, Akademgorodok 50 bldg. 28, Krasnoyarsk, 660036 Russia

\*E-mail: alnik\_borisov@mail.ru

The article presents data on variations in flammability of the main forest types and associated vegetation complexes in all altitudinal zones in the Baikal region. Potentially high fire hazard of forests in the region is due to the prevalence of softwood forest stands in their composition and a specific climate pattern with long spring-summer dry periods. In especially dry years, the fires quickly engulfed entire landscapes, forest-steppe with softwood taiga. Experimental data were obtained characterising the flammability of different forest types by altitudinal zones: the rate of fire maturation, the duration of the fire hazard state under different meteorological conditions during different seasons, etc. A 2-year long aerial monitoring of the Baikal forests' flammability was conducted. Despite the generally high flammability of the local forests, the main factors of their fire maturation (atmospheric precipitation and composition of stands) vary widely. In this regard, it should be noted that deciduous stands, including aspen on the southern coast of Lake Baikal, are almost incombustible. The predominant background of coniferous forests is formed by larch stands. Within them, ground fires are the main ones occurring, and crown fires are possible only in dry types of young forests. These data should be used in the selection and formation of fire-resistant areas (barriers, belts) in forest areas in order to form, in combination with other fire barriers, a closed system of forest stands resistant to the pyrogenic factor. With regard to especially valuable and visited forests it is proposed to devise an appropriate scheme of fire-prevention arrangement and modernisation of forestry measures, including regeneration cuts and reformation of stands. Regional technologies for the construction of fire barriers from fire-resistant stands have been developed.

Fire barriers 250–300 m wide are recommended to be formed on both sides of main roads passing through stands of pine, cedar, spruce and fir. These barriers are intended to reliably stop the front of external crown fires. The barriers are bordered by clearings along which mineralized strips 3–4 m wide are laid. In places where the barrier passes through monoconiferous forest stands, it is necessary to arrange longitudinal corridors with mineralized strips every 20–30 m. Fire-resistant edges 80–100 m wide or less are advisable to form along separate secondary roads to divide the forest massif into second-order blocks. Further differentiation of the developed territory into third-order blocks is carried out by laying mineralised strips using other kinds of existing fire obstructions, which must be necessarily interconnected into a closed network, allowing for the immediate elimination of possible fires in the very beginning.

**Keywords:** *Baikal region forests, flammability, vitality, trees dying off, fire resistance, fire barriers, fire resistant forest edges.*

**Acknowledgements:** The work has been carried out within the framework of basic scientific research programmes of RAS № 0356-2016-0706 (State registry code № AAAA-A17-117101940014-9) “Theoretical basics of preserving the ecological and resource potential of Siberian forests in conditions of increasing anthropogenic pressure and climatic anomalies”.

## REFERENCES

- Ahlgren J.F., Ahlgren C.E., Effect of prescribed burning on soil microorganisms in Minnesota jack pine forest, *Ecology*, 1965, No. 3, pp. 214–225.
- Biologicheskii entsiklopedicheskii slovar'*, (Biological Encyclopedic Dictionary), Moscow: Sovetskaya entsiklopediya, 1986, 832 p.
- Brown A.A., The significance of fire in World Forestry, *Fifth Forestry Congress*, Seattle, USA, 1960, pp. 214–232.
- Buzykin A.I., Ivanov V.V., Ispol'zovanie i vosstanovlenie lesov basseina Baikala (Exploitation and recovery of forests in Lake Baikal basin), In: *Lesa basseina Baikala (sostoyanie, ispol'zovanie i okhrana)* (Forests of the Baikal basin (state, exploitation and protection)), Krasnoyarsk: Izd-vo IL SO RAN, 2008, pp. 113–158.
- Buzykin A.I., Lesa Buryatskoi ASSR (Forests of Buryat Autonomosus Soviet Socialistic Republic), In: *Lesa SSSR. Lesa Urala, Sibiri i Dal'nego Vostoka* (Forests of the USSR. Forests of Urals, Siberia and the Far East), Moscow: Nauka, 1969, Vol. 4, pp. 388–437.
- Cooper R.W., The pros and cons of prescribed burning in the South, *Forest Farmer*, 1971, Vol. 31, No. 2, pp. 16–25.
- Davis K.P., *Forest fire: control and use*, N.Y.: Meadow Hill Co., 1959, 595 p.
- Evdokimenko M.D., Pirologicheskaya kharakteristika gornoi taigi v basseine oz. Baikal (Pyrological characteristics of mountain taiga in the basin of Lake Baikal), In: *Okhrana i vosstanovlenie lesov Zabaikal'ya* (Protection and restoration of forests of Transbaikalia), Krasnoyarsk: ILiD SO AN SSSR, 1977, pp. 5–55.
- Evdokimenko M.D., Potentsial'naya požaroopasnost' lesov v basseine oz. Baikal (The potential forest fire hazard in the Lake Baikal basin), *Lesovedenie*, 1991, No. 5, pp. 14–25.
- Evdokimenko M.D., Priroda požarov v baikal'skikh lesakh i sovershenstvovanie ikh protivopozharnoi okhrany (Genesis of fires in forests of Lake Baikal region and improvement of the fire protection), In: *Lesa basseina Baikala (sostoyanie, ispol'zovanie i okhrana)* (Forests of the Baikal basin (state, exploitation and protection)), Krasnoyarsk: Izd-vo IL SO RAN, 2008, pp. 159–227.
- Evdokimenko M.D., Zhiznesposobnost' derev'ev posle nizovogo požara (Resilience of trees after a ground fire), In: *Voprosy lesnoi pirologii* (Challenges of the forest pyrology), Krasnoyarsk: Izd-vo ILiD SO AN SSSR, 1974, pp. 167–196.
- Furyaev V.V., Kurbatskii N.P., Effektivnost' zashchitnykh mineralizovannykh polos v osnovnykh molodnyakakh (Efficiency of protective mineralized strips in young pine forests), In: *Voprosy lesnoi pirologii* (Issues of forest pyrology), Krasnoyarsk: 1972, pp. 140–152.
- Furyaev V.V., Printsipy i metody povysheniya požaroustoichivosti molodnyakov (Principles and methods for increasing fire resistance of young stands), *Lesnoe khoz-vo*, 1977, No. 9, pp. 83–85.
- Furyaev V.V., Rol' požarov v protsesse lesoobrazovaniya (The role of fires in the process of forest formation), Novosibirsk: Nauka, 1996, 252 p.
- Furyaev V.V., Samsonenko S.D., Furyaev I.V., Shubin D.A., *Pozharoustoichivost' lesov yugo-vostoka Zapadnoi Sibiri* (Fire resistance of forests in the south-east of Western Siberia), Novosibirsk: Nauka, 2014, 155 p.
- Furyaev V.V., Samsonenko S.D., Kuz'min A.N., Chernykh V.V., O tselesoobraznosti transformatsii protivopozharnykh razryvov v zaslony (On the feasibility of transforming fire breaks into barriers), *Lesnoe khoz-vo*, 2012, No. 6, pp. 43–44.
- Furyaev V.V., Zablotskii V.I., Chernykh V.A., *Pozharoustoichivost' osnovnykh lesov* (Pine forests fire resistance), Novosibirsk: Nauka, 2005, 149 p.
- Kurbatskii N.P., Issledovanie kolichestva i svoystv lesnykh goryuchikh materialov (Studying amounts and properties of forest fuel), In: *Voprosy lesnoi pirologii* (Challenges of the forest pyrology), Krasnoyarsk: Izd-vo ILiD SO AN SSSR, 1970, pp. 5–58.

- Kurbatskii N.P., Nekotorye voprosy strategii, taktiki i tekhniki okhrany lesa ot pozharov (Some issues of strategy, tactics and technology of forest fire protection), In: *Voprosy lesnoi pirologii* (Issues of forest pyrology), Krasnoyarsk: ILiD SO AN SSSR, 1972, pp. 119—130.
- Kurbatskii N.P., *Tekhnika i taktika tusheniya lesnykh pozharov* (Technique and strategies of forest fire fighting), Moscow: Goslesbumizdat, 1962, 154 p.
- Medvedev N.E., *Lesa i lesnoe khozyaistvo Buryatii* (Forests and forestry of Buryatia), Ulan-Ude: Respublikanskaya tipografiya, 2004, 231 p.
- Melekhov I.S., Lesnaya pirologiya i ee zadachi (Forest pyrology and its tasks), In: *Sovremennye voprosy okhrany lesov ot pozharov i bor'by s nimi* (Modern issues of forest fire protection and fire control), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1965, pp. 5—25.
- Melekhov I.S., *Vliyanie pozharov na les* (The effect of fires on woodlands), Moscow-Leningrad: Goslestekhzdat, 1948, 127 p.
- Molchanov A.A., Vliyanie lesnykh pozharov na drevostoi (The impact of forest fires on forest stands), *Trudy Instituta lesa AN SSSR*, 1954, Moscow: AN SSSR, Vol. 16, pp. 314—335.
- Mount A.B., The interdependence of the eucalypts and forest fires in southern Australia, *Australian Forestry*, 1964, Vol. 28, No. 3, pp. 93—108.
- Onuchin A.A., Ivanov V.V., Evdokimenko M.D., Borisov A.N., Petrenko A.E., *Prakticheskie rekomendatsii po primeneniyu rubok obnovleniya i pereformirovaniya v lesakh basseina ozera Baikal Respubliki Buryatii* (Practical recommendations for the use of renewal and re-formation felling in the forests of the Lake Baikal basin of the Republic of Buryatia), Krasnoyarsk: Institut lesa SO RAN; Respublikanskoe agentstvo lesnogo khozyaistva Respubliki Buryatii, 2016, 25 p.
- Pobedinskii A.V., *Sosnovye lesa Srednei Sibiri i Zabaikal'ya* (Pine forests of the Central Siberia and Transbaikalia), Moscow: Nauka, 1965, 268 p.
- Sheshukov M.A., Peshkov V.V., Mikhel' V.A., Savchenko A.P., *Rekomendatsii po formirovaniyu nasazhdenii pozharoustoichivoi struktury* (Recommendations for the formation of plantings of fire-resistant structure), Khabarovsk: Dal'NIILKh, 1987, 19 p.
- Sheshukov M.A., Rekomendatsii po sozdaniyu v model'nom lesu "Gassinskii" zashchitnykh pozharoustoichivyykh polos, sformirovannykh iz listvennitsy putem sgushchennykh posadok (Recommendations for the creation of protective fire-resistant strips in the Gassinsky model forest, formed from larch by dense plantings), In: *Model'nyi les "Gassinskii", Problemy organizatsii mnogotselevogo lesopol'zovaniya* (Gassinsky model forest, Issues of organizing multi-purpose forest management), Khabarovsk: RIOTIP, 1999, pp. 115—117.
- Uggla E.A., Ecological effects of fire on North Swedish forests, *Fifth Forestry Congress*, Seattle, USA, 1960, pp. 120—139.
- Vashchuk L.N., Shvidenko A.Z., *Dinamika lesnykh prostranstv Irkutskoi oblasti* (Dynamics of forest ranges in Irkutsk Oblast), Irkutsk: Irkutskaya oblastnaya tipografiya No. 1, 2006, 392 p.
- Verbolov V.I., Sokol'nikov V.M., Shimaraev M.N., *Gidrometeorologicheskii rezhim i teplovoi balans ozera Baikal* (Hydrometeorological regime and thermal balance of Lake Baikal), Moscow-Leningrad: Nauka, 1965, 374 p.
- Viro P.J., Prescribed burning in Forestry, *Communication*, Inst., Helsinki: Forestalls Fannies, 1969, 215 p.
- Zhukov A.B., Polikarpov N.P., Osnovy organizatsii i vedeniya lesnogo khozyaistva v basseine ozera Baikal (Basis of forestry management in Lake Baikal basin), *Lesnoe khozyaistvo*, 1973, No. 1, pp. 68—77.
- Zhukov A.B., Zadachi lesnoi nauki (Tasks of forest science), In: *Materialy po izucheniyu lesov Sibiri i Dal'nego Vostoka* (Materials on the study of forests of Siberia and the Far East), Krasnoyarsk: Institut lesa i drevesiny SO AN SSSR, 1963, pp. 3—20.