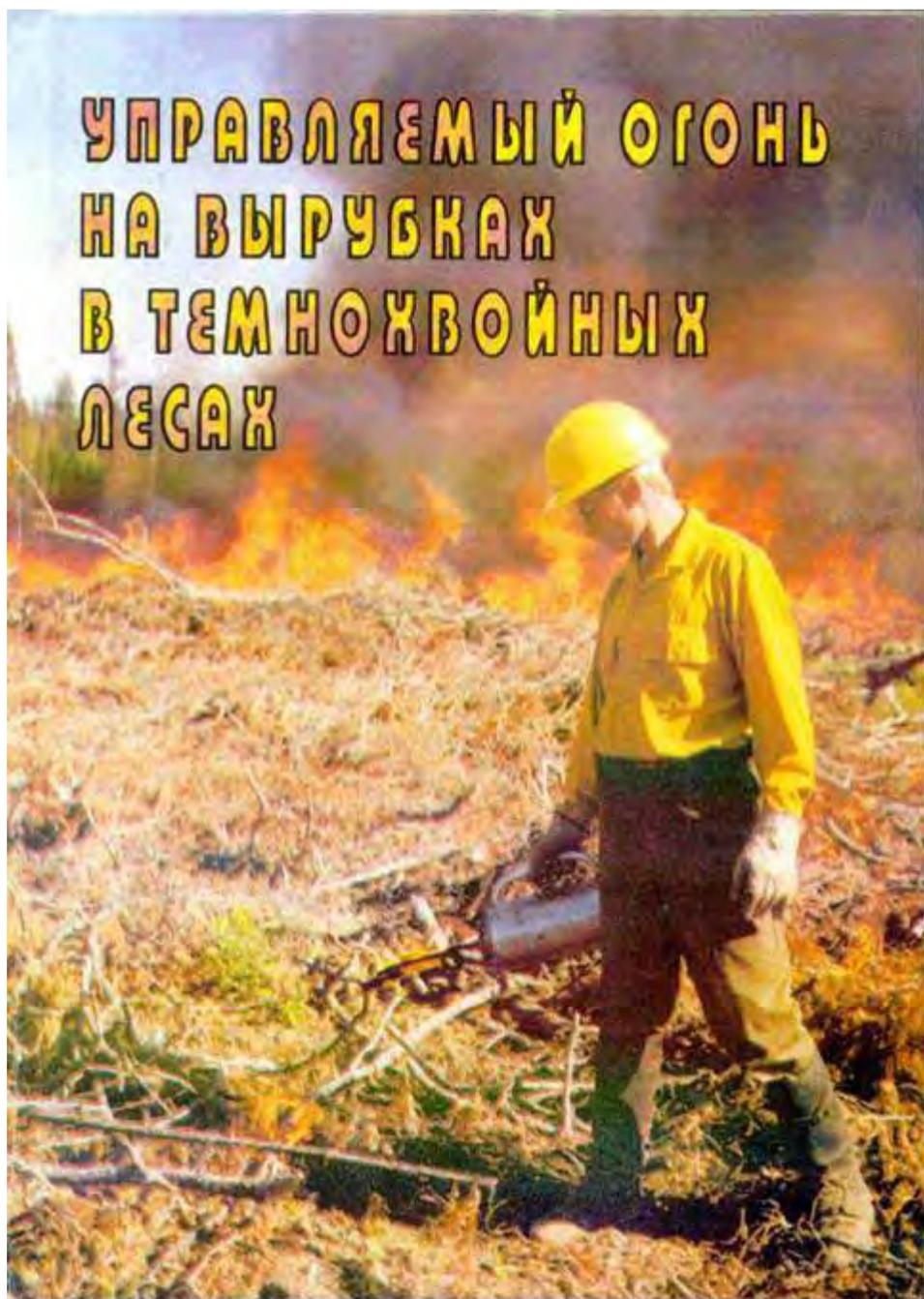


**УПРАВЛЯЕМЫЙ ОГОНЬ
НА ВЫРУБКАХ
В ТЕМНОХВОЙНЫХ
ЛЕСАХ**



ИНСТИТУТ ЛЕСА им. В. Н. СУКАЧЕВА
КОМИТЕТ ПО ЛЕСУ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

**УПРАВЛЯЕМЫЙ ОГОНЬ
НА ВЫРУБКАХ
В ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСАХ**

Ответственный редактор
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор **П. М. Матвеев**

Издательство СО РАН
Новосибирск
2000

УДК 630-432.1
ББК Е581.4
У 67

Управляемый огонь на вырубках в темнохвойных лесах / Э.Н. Валендик и др. – Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук, 2000. – 209 с.

ISBN 5-7692-0266-1

В монографии рассматриваются результаты опытно-производственных выжиганий на вырубках в темнохвойных лесах с целью снижения пожарной опасности и создания условий для лесовосстановления.

Приведены материалы о состоянии вырубок, степени их захламленности порубочными остатками, естественном и искусственном лесовосстановлении, последствиях пожаров.

Предлагаются методы и технологии применения управляемого огня для утилизации порубочных остатков сплошным палом. Описаны первые результаты посадки и посева хвойных пород на выжженных вырубках. Дается оценка влияния выжиганий на окружающую среду.

Книга рассчитана на специалистов в области лесного хозяйства, лесоуправления и охраны природы, преподавателей и студентов лесотехнических вузов.

Издание является промежуточным этапом в рамках выполняемого проекта «Распространение технологий контролируемых выжиганий в лесном хозяйстве Красноярского края» по гранту программы «Распространение опыта и результатов (РОЛЛ/ROLL)», реализуемой Институтом Устойчивых Сообществ на средства Агентства США по Международному Развитию.

Табл. 17. Илл. 46. Библиогр.: 224 назв.

Р е ц е н з е н т

доктор сельскохозяйственных наук В.Н.Соколов

Консультанты:

специалист по пожароуправлению Лесной службы США
Ричард Дж. Ласко (Richard Lasko);
управляющий лесным хозяйством Лесной службы США
Стивен Юбанк (Steve Eubanks).

Утверждено к печати

Институтом леса им. В. Н. Сукачева СО РАН

© Валендик Э. Н., Векшин В. Н., Верховец С. В.,
Забелин А.И., Иванова Г.А., Кисилихов Е.К., 2000

© Сибирское отделение Российской Академии наук, 2000

V.N. SUKACHEV INSTITUTE OF FOREST
FORESTRY COMMITTEE OF KRASNOYARSK REGION

**PRESCRIBED BURNING
OF LOGGED SITES
IN DARK CONIFEROUS FORESTS**

Editor-in-Chief
Professor, Dr.Sci.Agr. **P.M. Matveyev,**

SB RAS Publishing House
Novosibirsk
2000

Prescribed Burning of Logged Sites in Dark Coniferous Forests / E. N. Valendik, V. N. Vekshin, S. V. Verkhovets, A. I. Zabelin, G. A. Ivanova and Ye. K. Kisilyakhov. – Novosibirsk: Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 2000. – 209 pp.
ISBN 5-7692-0266-1

The monograph addresses the results of test prescribed fires conducted in logged sites in dark coniferous forests to reduce fire hazard and enhance forest regeneration. Logged site characteristics are presented such as logging slash amount, success of natural regeneration and silvicultural operations, and fire effects.

Methods and techniques are proposed of how to remove logging slash by broadcast burning. Initial results of planting and seeding coniferous species in burned sites are described. Influence of prescribed fire on site conditions and forest regeneration processes is analyzed.

The book is intended for foresters, forest managers, environment protection specialists, and students of forestry colleges.

The publication completes the intermediate stage of project “Replication of Prescribed Burning Technologies in Forest Management Areas of Krasnoyarsk Region” granted by ROLL Program (Replication of Learned Lessons). The program is realized by the Institute of Sustainable Communities on money provided by the U.S. AID.

Tables 17, figures 46 and references: 224

Referee:

V.N. Sokolov, Dr. Sci. Agr.

Consultants:

Richard Lasko, Wildland Fire Use, the U.S. Forest Service;
Steve Eubanks, Forest Supervisor, the U.S. Forest Service

Approved for publication
by V.N. Sukachev Institute of Forest,
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences

© E.N. Valendik, S.V. Verkhovets, A.I. Zabelin, G.A. Ivanova, Ye. K. Kisilyakhov, 2000
© V.N. Sukachev Institute of Forest, 2000

ISBN 5-7692-0266-1

ВВЕДЕНИЕ

Многие годы в идеологии использования управляемого огня в лесном хозяйстве России преобладали принципы максимального ограничения его применения. Это пагубно отразилось на состоянии наших лесов, как в плане охраны и защиты, так и эффективности лесовосстановления. Результаты этого – тысячи гектаров захламленных вырубок, задерненных злаками, где нет древесной растительности, а также ветровальники, «шелкопрядники» и перегущенные светлохвойные древостои. На этих площадях пожары наиболее разрушительны, а лесовосстановление здесь затягивается на многие годы.

Пожары в лесах Сибири всегда были постоянно действующим фактором формирования лесов и их биоразнообразия. Они в большинстве случаев определяют и тип растительности, и динамику растительных сообществ.

В связи с запретом использования огня в лесном хозяйстве нашей страны, при отсутствии опыта и сформировавшейся психологии, что «пожар – стихийное бедствие», противников применения огня значительно больше, чем сторонников. Хотя основоположники отечественного лесоводства М. Е. Ткаченко, В. З. Гулисашвили, И. С. Мелехов придавали большое значение использованию огня в лесном хозяйстве. Активно поддерживают это направление другие исследователи, а также многие практики лесного хозяйства. Изучение положительного и отрицательного влияния лесных пожаров на все компоненты лесного биогеоценоза и разработка рекомендаций по его использованию в лесном хозяйстве является одной из основных задач лесной пирологии (Арцыбашев, 1984).

В настоящее время существует реальная потребность использования огня в лесном хозяйстве Сибири. За последние 12 лет здесь накопилось около 10 млн. га вырубок. До 70 % всех пожаров возникают именно на этих площадях с последующим распространением огня на окружающий лес. Это сводит на нет все работы по лесовосстановлению.

Как показывает зарубежный опыт, сжигание порубочных остатков дает возможность эффективно и с наименьшими затратами облесить вырубку и снизить их пожароопасность. Кроме того, полностью исключается возможность распространения на окружающие древостой имеющихся на вырубке энтомофитов и грибковых очагов.

С разрешения Федеральной лесной службы лесного хозяйства Комитет по лесу Красноярского края совместно с Институтом леса на протяжении последних четырех лет (1996–1999) проводит опытно-производственные контролируемые выжигания на вырубках в ряде лесхозов в рамках Российско-американского проекта по совершенствованию ведения лесного хозяйства в лесах Центральной Сибири. В 1999 году эти работы вышли за рамки экспериментальных, и перешли в разряд производственных. В трех лесхозах были созданы мобильные бригады, которые и проводили контролируемые выжигания на своих территориях.

В этой работе мы попытались обобщить накопленный опыт. Надеемся, что он будет полезен как для научных работников, так и практиков лесного хозяйства. Необходимо дальнейшее совершенствование технологий и более широкое тиражирование нашего опыта контролируемых выжиганий в сходных лесорастительных условиях.

Авторы благодарят сотрудников Большемуртинского, Усольского и Манского лесхозов Красноярского края за их активное участие в проведении контролируемых выжиганий.

Создание настоящей публикации стало возможным благодаря поддержке, предоставленной на основании Соглашения о сотрудничестве между Институтом Устойчивых Сообществ из Монтпилиер (штат Вермонт, США) и АМР.

Выраженные здесь мнения, а также мнения авторов не обязательно совпадают с мнениями Института Устойчивых Сообществ и АМР. Кроме того, упоминание торговых марок либо коммерческих продуктов не означает одобрение либо рекомендацию использования упомянутой продукции.

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Контролируемые выжигания, управляемый огонь, предписанные выжигания, профилактический пал, целевой пал – все эти термины определяют методы и способы применения огня в природных ландшафтах для достижения конкретных целей. Например: снижение пожарной опасности в лесу и на вырубках; содействие лесовосстановительному процессу; уничтожение нежелательной растительности, энтомологических и грибковых очагов. Выжигания проводятся при определенных состояниях окружающей среды, которые позволяют сдерживать распространение горения заданной интенсивности и скорость распространения в заранее намеченных границах. В связи с тем, что контролируемые выжигания в нашей стране были запрещены, то данных по этой проблеме в отечественной литературе опубликовано мало. Мы проанализировали доступные зарубежные публикации, посвященные выжиганиям как под пологом леса, так и на вырубках.

За рубежом, прежде всего в США и Канаде, контролируемые или «предписанные» выжигания применяются в широких масштабах с 20-х годов. Поэтому в этих странах накоплен значительный опыт, разработаны модели и программы для планирования выжиганий.

Наиболее ранней публикацией является работа Острома (Ostrom, 1938), посвященная профилактическим выжиганиям защитных полос вдоль дорог, пересекающих сосновые леса на северо-востоке США. Полосы, шириной до 30 м с каждой стороны дороги, ограничивались канавами. Сначала огонь пускали против ветра, от дороги к канаве. После выжигания полосы пускали огонь с другой стороны, от канавы к дороге, по ветру. Выжигание проводили весной, обычно в вечернее время. Такие полосы получили название «пояса защиты» и они стали неотъемлемым мероприятием в системе охраны лесов от пожаров сосновых лесов Нью-Джерси.

В сороковых годах в США вышел ряд статей, посвященных контролируемым выжиганиям. Чэпменом (Charman, 1947a) были описаны опыты по выжиганию молодняков сосны длиннохвойной, зараженной коричневой пятнистостью. Зажигание проводили пятнами через 30 м и высота пламени, в среднем, была около 90 см. На основе успешно проведенных экспериментов, в другой своей работе (Charman, 1947b) он развивает мысль о том, что предписанные выжигания являются важным лесопожарным мероприятием в насаждениях сосны длиннохвойной. Но эта точка зрения встретила в США резкий протест со стороны некоторых специалистов лесного хозяйства и общественности, вплоть до запрещения проведения исследований по предписанным выжиганиям и публикации их результатов, а также снятия служащих с работы. В дальнейшем экспериментально было доказано, что правильное применение контролируемого огня полезно и предотвращает полное исчезновение сосновых лесов. При этом установлено, что огнестойкость сосны длиннохвойной резко повышается, когда средний диаметр деревьев превышает 1 дюйм (2,5 см). Автор продемонстрировал, что и ежегодные пожары, и их полное исключение препятствуют естественному возобновлению сосны длиннохвойной. Но вместе с тем подчеркнул, что профилактические выжигания не являются предпосылкой для снижения уровня охраны лесов от пожаров. Борьба с лесными пожарами и профилактические выжигания, снижающие пожарную опасность, являются неотъемлемой частью общего пожароуправления.

Контролируемые выжигания с целью изреживания молодняков сосны желтой проанализированы в работе Вивера (Weaver, 1947). В ней отмечается, что наиболее успешно выжигание в тонкомерных молодняках. Указывается на экономичность выжигания по сравнению с другими видами ухода. Контролируемый огонь рекомендуется пускать вниз по склону и против господствующих ветров.

Экспериментальные контролируемые выжигания, используемые в сельском хозяйстве для улучшения состояния пастбищных угодий в Калифорнии и их влияние на гидрологию, описаны в

статье Адамса и др. (Adams et. al., 1947). Полученные результаты противоречивы. С одной стороны происходит уничтожение кустарников и улучшение пастбищ при минимальных затратах, с другой – увеличение поверхностного стока и эрозии на выжженных площадях.

Сквайрс (1947) одним из первых наиболее полно сформулировал цели профилактических выжиганий. На основе экспериментальных данных он рекомендует использовать контролируемый огонь для отжига при тушении лесных пожаров, очистки лесосек от порубочных остатков, устройства противопожарных линий, выжигания придорожных полос. А также для решения следующих задач:

- борьба с болезнями леса;
- снижение пожарной опасности путем сжигания горючих материалов;
- улучшение пастбищ и природных мест обитания диких животных;
- борьба с нежелательной растительностью;
- подготовка площадей для посадки саженцев, посева семян или естественного обсеменения.

При проведении выжиганий участки картировались, определялись площади, непригодные или не подлежащие выжиганию. Оптимальными по площади считались блоки в 640 акров (256 га), которые можно выжечь за один день. Перед началом выжигания проводили пробные зажигания для определения направления и силы ветра.

Применение контролируемых выжиганий для уменьшения количества горючих материалов и создания благоприятных условий произрастания для сосны по сравнению с дубом, описано в работе Литла и др. (Little et. al., 1948). Установлено, что применение выжиганий способствует приживаемости сосны и повышению ее конкурентности по сравнению с менее ценным дубом и другими твердолиственными породами в штате Нью-Джерси. Рекомендуемая частота выжиганий – 1–3 года в зависимости от конкретных природных условий. Авторы отмечают, что выжигания должны

считаться одной из вспомогательных мер борьбы с лесными пожарами.

В более поздней своей работе Литл (Little, 1957) рассматривает контролируемые выжигания как достаточно надежный инструмент лесного хозяйства в северо-восточных штатах Нью-Джерси и Мэриленд. Применение периодических выжиганий под пологом леса в зимнее время, позволило предотвратить смену пород в сосново-твердолиственных лесах и способствовать восстановлению сосновых древостоев.

Обобщение накопленного опыта контролируемых выжиганий сделано Дэвисом (Davis, 1959; Brown, Davis, 1973). В монографии рассмотрены вопросы применения огня в лесном хозяйстве, определены основные цели контролируемых выжиганий и приведены примеры предписанных выжиганий в насаждениях сосны веймутовой. Основными целями контролируемых выжиганий, по мнению автора, являются: содействие естественному возобновлению, изреживание перегущенных молодняков; уничтожение порубочных остатков; трансформация типа покрова; снижение пожарной опасности лесов; применение в целях сельского и охотничьего хозяйства для борьбы с энтомовредителями и болезнями леса. Отмечается, что принципиально важно видеть различия между стихийным и предписанным пожаром (контролируемым выжиганием). Последствия пирогенного воздействия на лес в каждом случае будут в корне различными. При контролируемых выжиганиях очень большое значение имеет подготовка участков, при которой учитывается рельеф, размер площади для выжигания, противопожарные границы (с учетом естественных преград). Описываются преимущества и недостатки трех методов выжигания:

- выжигание от центра, на ровных площадках и склонах с уклоном до 20 %;
- выжигание полосами на склонах с уклоном более 20 % сверху вниз, ширина полос 30–60 м;
- выжигание от кромок на небольших площадях в 1–2 акра (0,4–0,8 га), которое также используется как вспомогательный ме-

тод на больших площадях при выжигании от центра, выжигании полосами и при выжигании склонов небольших узких оврагов.

Он указывает на возможность использования различных комбинаций трех названных методов.

Размеры выжигаемых блоков должны быть такими, чтобы их можно было выжечь за один день. Повторяемость выжигания в целях снижения пожарной опасности зависит от скорости нарастания запасов горючих материалов до критического уровня, когда возможно независимое распространение горения. В среднем оно составляет 4–5 лет. Выжигание для целей возобновления обычно проводится однократно, если оно достигло желаемого результата.

Опыт применения контролируемых выжиганий в лесном хозяйстве США и их влияние на состав леса, почву, смену пород, количество напочвенных горючих материалов и на уменьшение пожарной опасности в насаждениях сосны желтой изложены в работах других авторов (McCulley, 1960; Lindenmuth, 1962; Bruner, 1966). Однако описание технологий выжигания в этих работах не приводится.

Большое внимание проблеме предписанных выжиганий было уделено в докладах Шестого международного лесного конгресса (McArtur, 1966a; Hodgson, 1966 и др.). Предписанные выжигания или целевые палы начали применяться в Западной Австралии, начиная с 50-х годов (McArtur, 1966b). Основной целью этих работ являлось снижение опасности возникновения стихийных пожаров в тех районах, где длительное время их не было. В дальнейшем целевые выжигания получили в Австралии повсеместное распространение, как дешевый и практичный способ снижения пожарной опасности в эвкалиптовых лесах. Так, в докладе Ходгсона (Hodgson, 1966) подробно изложены результаты проведения контролируемых выжиганий в эвкалиптовых лесах Австралии с целью уменьшения запасов горючих материалов и пожарной опасности. Он представил обоснование проведения предписанных выжиганий в лесах, по своему состоянию нуждающиеся в выжиганиях, принципы предписанных выжиганий и технику проведения палов.

Наиболее четко цели выжиганий и техника их проведения были сформулированы в работе Палмера и Девета (Palmer and Devet, 1966). Опыты по контролируемым выжиганиям проводились в лесах Южной Каролины. Исследователи преследовали следующие цели:

- снижение пожарной опасности лесов;
- уничтожение нежелательной растительности и фитоболезней;
- подготовка почвы для посадки леса;
- содействие естественному лесовозобновлению;
- улучшение пастбищ и мест обитания диких животных.

Были определены оптимальные погодные условия для выжиганий: влажность воздуха – 20–35 %, скорость ветра – 3–10 миль в час, температура воздуха – 18–22 град., показатель горимости – 6–40. Рекомендовано пять технических приемов выжигания:

- тыловой пал (применяется при выжигании молодняков на склонах);
- выжигание полосами по ветру (применяется при высокой влажности воздуха 50–55 %);
- пятнистое или шахматное выжигание (используется обычно зимой и когда условия опасны для выжигания полосами по ветру);
- фланговый пал (требует устойчивого ветра и однородности слоя горючих материалов);
- выжигание по ветру (огонь пускается в сторону подготовленного противопожарного разрыва).

В некоторых ситуациях возможно применение комбинации приведенных выше методов выжигания.

Вивер (Weaver, 1967), анализируя результаты выжиганий, проведенных трижды в течение 23-х лет в древостоях сосны желтой штата Вашингтон, отмечает устойчивое снижение их густоты и стабильное увеличение прироста деревьев по высоте и диаметру. Автор пришел к выводу об эффективности предписанных выжиганий как лесоводственной меры для прореживания молодняков сосны желтой.

Сравнение результативности двух методов содействия естественному возобновлению – дискование и предписанное выжигание

– проведенные Трouserdelом и Лангдоном (Trousdel and Langdon, 1967) в древостоях сосны ладанной, показали предпочтительность выжиганий. Огневая подготовка почвы дала лучший лесоводственный эффект, а также оказалась значительно экономичней, чем механическая.

Департаментом лесоводства и сельского хозяйства Канады в 1967 г. был проведен симпозиум по целевым палам (Foster et. al., 1967). Ключевые докладчики, ученые из США и Канады, отметили, что многие страны используют целевые палы как лесоводственную и сельскохозяйственную меру. А Лесная служба США в 1943 году официально приняла программу использования контролируемых выжиганий. Вместе с тем отмечалось, что у многих лесоводов, особенно в Канаде, еще существует негативное отношение к выжиганию в лесу, и они отрицательно относятся к предписанным палам. Основными аргументами при этом являлись следующие: опасность выхода профилактического огня из-под контроля; возможность внезапного изменения погодных условий; негативное отношение общественности к применению огня в лесу. Однако специалисты разных стран постепенно приходят к мнению, что контролируемый огонь является лучшим средством предотвращения разрушительных стихийных пожаров. И с 1960 г. целевые палы в Канаде получили новое развитие, прежде всего, в связи с растущей угрозой пожаров на огромных площадях вырубок и необходимостью быстрого лесовозобновления на них. На симпозиуме также были сформулированы основные цели предписанных выжиганий. Помимо снижения пожарной опасности и содействия лесовосстановлению, упоминается следующее назначение профилактических палов: для раскрытия спелых шишек у сосны желтой и ели черной и выпадения семян из них; для культивирования голубики; подготовки заградительных барьеров против крупных пожаров; для улучшения качества древесины; для тренировки пожарных бойцов. Большое внимание на симпозиуме было уделено вопросу об условиях, которые необходимо соблюдать для успешного выжигания. Это подготовка участков, выбор соответствующей погоды и ее прогноз на ближайшее время, фор-

мирование бригад и оснащение их необходимой техникой. Проведение предписанных выжиганий должно сопровождаться информированием местного населения о целесообразности проводимого мероприятия.

Исследование влияния профилактических палов в насаждениях сосны радиальной в Австралии на изменение инфильтрации и питательных свойств почв показало, что при невысокой интенсивности огня выжигание не приводит к значительным изменениям лесорастительных свойств почв (Gilmour, Cheney, 1968). Интенсивность горения, при которой среднее время горения в каждой точке составляет 40–60 сек, является наиболее оптимальной. Высокая интенсивность горения, особенно при стихийных пожарах, приводит к уменьшению инфильтрации и потере почвенного питания.

Оптимальные параметры состояния горючих материалов и погоды для проведения целевых палов в сосняках с подростом из лиственных пород были установлены в штате Джоржия (Brender and Cooper, 1968). Участки для выжиганий подбирали на склонах крутизной 10–20 % в 40-летних древостоях сосны с подлеском из березы. Запасы лесной подстилки составляли 4–8 т/акр. Площадь участков в среднем 1,5 акра. Каждый из участков был разделен на 4 части для повторных выжиганий, после которых осенью делали переучеты. Палы осуществлялись либо методом выжигания вниз по склону, либо выжигания полосами вверх по склону. Проводились измерения направления и скорости ветра, температуры и относительной влажности воздуха, послойной влажности горючих материалов. При выжиганиях фиксировали скорость распространения, длину пламени и глубину кромки огня. Определяли и теплотворную способность горючих материалов, вес которых измерялся и до, и после выжигания на 32 учетных площадках размером 1 кв. фут. Установлено, что более экономично выжигание полосами. Наиболее благоприятными условиями для выжиганий являются: влагосодержание нижних слоев подстилки – 10–20 %, относительная влажность воздуха – 20–60 %, скорость ветра – 1 миля в час (2,7 м/сек). Наиболее благоприятное время года – апрель. Возобновление на следующее лето после выжигания было

в два раза обильнее, чем на не пройденных огнем участках. В молодых сосновых насаждениях, с разросшимся листовенным подростом, рекомендуются повторные выжигания по мере разрастания листовенных пород.

На основе экспериментальных данных было установлено, что отпад в молодняках сосны ладанной более тесно связан с повреждением крон, чем с повреждением стволов (Cooper and Altobellis, 1969). Наиболее устойчивыми оказались деревья с диаметром на высоте груди более 4 дюймов (10 см). Авторы пришли к выводу, что предписанные выжигания могут являться средством изреживания в густых молодняках сосны ладанной с диаметром от 4 до 6 дюймов (10–15 см).

Контролируемые выжигания на вырубках используются для удаления порубочных остатков, остающихся после рубки, с целью проведения лесокультурных мероприятий (посадкой саженцев или посевом семян наряду со снижением пожарной опасности вырубков, улучшением пастбищ для диких и домашних животных, изменением типа покрова, контролем насекомых вредителей и болезней) и стали практикой в лесном хозяйстве США. На основе опроса лесопожарных специалистов Межгорного региона США разработаны общие рекомендации для контролируемых выжиганий на вырубках: относительная влажность воздуха во время их проведения должна быть в пределах от 20 до 50 %, скорость ветра от 0 до 16 км/час, влагосодержание горючих материалов размером от 2,5 до 7,5 см от 6 до 15 %. Отдается предпочтение фронтальному способу зажигания, и с верхней части вырубki или с наветренной стороны участка, а также зажигание в центре (Beaufait, 1966). Большинство контролируемых выжиганий рекомендуется проводить поздней весной или осенью. Но в бореальных лесах могут быть проведены летние выжигания для снижения пожарной опасности и подготовки почвы для посадки саженцев и посева семян на вырубках ели и пихты (Randal, 1966; Kiil, 1969) и сосны Банкса (Chrosiewicz, 1978).

Анализ литературы по контролируемым выжиганиям, проводимым в Северной Америке и на юге Канады, приведен в моно-

графии Райта и Бейли (Wright, Bailey, 1982). Книга содержит предписания и планы выжигания почти всех видов растительности, где они проводятся.

Подробный обзор литературы по контролируемым выжиганиям вырубок сосны Банкса сделан Вильямсом (Williams 1955), Стоксом (Stocks, Walker, 1972) и Макреем (McRae, 1979). В начале сороковых годов считалось, что порубочные остатки сосны Банкса не представляют серьезной пожарной опасности. Позднее было обнаружено, что пожары часто начинаются на этих вырубках и их сложнее тушить по сравнению с пожарами в невырубленных лесах. Скорость распространения огня по этим порубочным остаткам обычно выше 18 м/мин, а иногда превышает 36 м/мин. Контролируемые выжигания значительно снижают пожарную опасность на таких вырубках (Anon, 1933; Johnson, 1955; Williams, 1955, 1958, 1960; Adams, 1966; Foster et.al., 1967; Brown, 1977). Наилучшие результаты наблюдаются при выжигании сплошным палом. Было также установлено, что сосна Банкса успешно возобновляется на вырубках только после контролируемых выжиганий (LeBarron, Eyre, 1938; Chroscievich, 1959, 1967, 1968 и др.).

Для характеристики контролируемых выжиганий комплекса горючих материалов, состоящих из порубочных остатков, было предложено использовать два параметра: количество сгорающего горючего материала и глубину прогорания напочвенного покрова (McRae, 1980). Оценивать скорость распространения и интенсивность кромки на фронте пала для этих горючих материалов не имеют смысла из-за того, что они сильно зависят от выбора способа зажигания (McRae et. al., 1979). Были установлены регрессионные уравнения для связи количества сгорающих горючих материалов с начальным запасом и индексом нарастания (BUI) канадского лесопожарного индекса погоды (CFFWI) для 5-ти типов порубочных остатков. Таблицы оценки глубины прогорания напочвенного покрова и количества сгорающего вещества в зависимости от погоды можно использовать для планирования контролируемого выжигания (McRae, 1980).

Экспериментальные контролируемые выжигания порубочных остатков в смешанных типах леса показали также зависимость количества сгорающего материала от погодных условий (McRae, 1985). Установлено, что на таких вырубках в Северном Онтарио контролируемые выжигания должны проводиться в начале пожароопасного сезона до нарастания трав. Критерием безопасного проведения работ служит влагосодержание зеленой растительности на кронах деревьев (Van Wagner, 1967).

Основной причиной выхода предписанных выжиганий из-под контроля в Канаде является плохая методика зажигания (McRae, 1996). При выжигании больших площадей сплошным палом используется зажигание с вертолета специальным устройством, разбрасывающим шарики с зажигательной смесью (McRae, Stocks, 1987; Mutch, 1984) или с зажигательного аппарата, выпускающего струю горючей смеси (Mutch, 1984). Длина кромки, превышающая 7 км, может создаваться с использованием таких средств за короткое время, но поведение пожара становится неустойчивым, а иногда приводит к образованию крупномасштабных огненных вихрей (McRae, Stocks, 1987; McRae, Flannigan, 1990). Отмечается, что имеющиеся в наличии руководства по контролируемым выжиганиям (Fisher, 1978; Ontario Ministry of Natural Resources, 1987; Hirsch, 1988; Wade, Lunsford, 1989; Alberta Forestry Service, 1990; Laframboise, 1991) не дают подробного плана зажигания. А простые модели зажигания или руководства по моделям поведения пожара (Stocks, Walker, 1972; Muraro, 1975; Canadian Forestry Service, 1987; Forestry Canada Fire Danger Group, 1992) дают только характеристики отдельной линейной кромки и не учитывают взаимодействия многих кромок при контролируемых выжиганиях и трехмерного характера процесса (McRae, 1996). Основная проблема при зажигании с помощью летательных аппаратов заключается в создании массовых зажиганий на выжигаемой площади и взаимодействию многих кромок огня. Чтобы помочь руководителям при создании планов выжиганий, канадские исследователи разработали компьютеризованную экспертную систему зажигания при контролируемых выжиганиях (McRae et. al., 1991). Исполни-

зуемые при моделировании процесса зажигания и распространения огня по площади индексы Канадской системы предсказания поведения пожара (Canadian Forestry Service, 1987; Forestry Canada Fire Danger Group, 1992; Van Wagner, 1987) и данные экспериментальных выжиганий (Johansen, 1987; Stocks, Walker, 1972; McRae, 1986b и др.) могут быть полезны для создания такой системы.

Использование метода контролируемого выжигания для лесохозяйственных задач зависит от региона, типа леса и локальных условий выжигания. Проведение предварительного тщательного анализа при составлении плана выжигания, учитывающего горючие материалы, погодные условия, рельеф местности, цели пожароуправления, и точное их соблюдение, являются залогом успешного выполнения поставленных задач (Beaufait et.al., 1975; Chandler et. al., 1991).

В настоящее время в лесохозяйственной практике используются в основном два типа выжиганий: выжигания под пологом леса и выжигания порубочных остатков (Walstad et. al., 1990). При выжигании порубочных остатков на вырубках в основном применяются два метода: сплошного пала и сжигание порубочных остатков, собранных предварительно в кучи. При этом учитывают факторы, влияющие на поведение горения: вид горючих материалов, погодные условия, рельеф местности, лесорастительные условия участка и способ зажигания (Norris, 1990).

Контролируемые выжигания создают благоприятные условия для естественного возобновления хвойных пород не только на увлажненных участках, но и на более сухих, при сохранении подстилки. Контролируемое выжигание, приводящее к минерализации почвы на 40 % площади и сохраняющее на оставшейся подстилке толщиной менее 2,5 см, можно считать полезным для естественного лесовозобновления. Оно также содействует и искусственному восстановлению лесов, улучшая выживаемость и рост саженцев за счет уничтожения конкурирующей растительности (Walstad, Siedel, 1990).

В то же время, в отдельных случаях контролируемые выжигания не всегда оказывают положительное влияние на хвойное во-

зобновление. Несоблюдение технологий может привести к разрушению структуры почвы, почвенного покрова, проницаемости воды и микроорганизмов, необходимых для выживания, роста саженцев и семян, эрозии почвы, а также потери питательных веществ, содержащихся в валеже и подстилке, и органического вещества в верхней части почвы, которое необходимо для продуктивности участка. Кроме того, уничтожаются порубочные остатки, защищающие подрост от высоких температур летом и низких – зимой. Минерализованная поверхность почвы после выжигания может вызвать перегрев саженцев и создать более засушливые условия. Поэтому выжигание должно быть тщательно спланировано и проведено с соблюдением всех его условий (Walstad, Siedel, 1990).

В 1987 году составлено «Руководство для подпологовых выжиганий в лесах из сосны пондерозы, лиственницы и пихты на западе межгорного района» для условий восточного Орегона и Вашингтона, северной и центральной частей Айдахо и Западной Монтаны. Но многие его положения могут быть использованы и за пределами названных территорий (Kilgore, Kurtis, 1987). В документе сформулированы цели подпологовых выжиганий, приведена методика составления предписаний по выжиганиям, а также основные инструкции по их проведению. Подробно описаны погодные факторы, благоприятные для выжиганий, сведения о лесных горючих материалах и их модели с использованием системы ВЕНАВЕ, даны рекомендации по соблюдению составленных предписаний, приведена характеристика методов выжигания способами тылового, фронтального, флангового и пятнистого пала, применяемых для этого сил и средств.

В 1989 году в США было опубликовано достаточно подробное «Руководство по контролируемым выжиганиям в южных лесах» (Wade, Lunsford, 1989). В нем сформулированы и подробно рассмотрены задачи контролируемых выжиганий в системе управления лесными ресурсами. В дополнение к перечисленным ранее целям выжиганий добавлена стимуляция круговорота питательных веществ. В Руководстве рассмотрено влияние контролируе-

мых выжиганий на окружающую среду (атмосферу, почвы, воду, леса и т. д.). Приведены рекомендуемые для проведения выжиганий параметры скорости ветра, температуры и влажности воздуха, влажности горючих материалов. Даны рекомендации по планированию выжиганий.

Эти документы представляют собой наиболее подробное изложение целей и задач контролируемых выжиганий, правил и технологий их проведения, эколого-экономической целесообразности и важности этого лесохозяйственного мероприятия. В США разработаны и активно используются программы по подпологовому выжиганию, в частности компьютерная программа **VENAVE**.

В России контролируемые выжигания всегда вызывали противоречивое к себе отношение, от их признания до полного неприятия. До настоящего времени контролируемые выжигания сплошным палом под пологом леса и на вырубках были категорически запрещены. Хотя положительное влияние огня на лес было отмечено еще в начале текущего столетия (Ткаченко, 1911; Тюрин, 1925). Оно выражалось в стимулировании процессов естественного возобновления в сосновых насаждениях. В связи с этим возникла идея использования огня как лесокультурной меры (Ткаченко, 1931). В это же время были проведены первые опыты по «искусственному обжиганию» с целью улучшения лесовозобновления (Казанский, 1931).

На территории Карелии исследовательские работы по огневой очистке лесосек были начаты в 1931 году. Основное внимание было уделено технике сжигания, а также учету затрат по рациональной организации труда. В этот период по леспромхозам было очищено только 8 % от общей площади лесосек. Самым распространенным способом очистки являлся сбор порубочных остатков в кучи с последующим их сжиганием. В результате опытных работ установлено, что применяемые приемы очистки лесосек (сбор порубочных остатков в кучи с последующим их сжиганием, сбор остатков в кучи без дальнейшего сжигания и сжигание остатков по ходу лесозаготовок) не отвечали основным лесохозяйственным

требованиям. Были исследованы метод сплошного пала и способ сжигания хлама на площадках (способ частичного пала). При методе сплошного пала перед выжиганием рекомендовалось проложить 30 метровую противопожарную полосу вокруг лесосеки и куртин семенников. При сжигании хлама на площадках прокладывались противопожарные полосы по периферии лесосеки и отграничивались площадки путем окучивания хлама по их краям (Давыдов, 1934).

А. В. Побединский (1955) отмечает, что при условиях, благоприятных для сжигания порубочных остатков, можно увеличить степень минерализации поверхности лесосеки огнем до 40 %, вместо обычных 5–10 %. Минерализованная поверхность может быть использована для естественного и искусственного лесовозобновления. При этом на сплошных концентрированных вырубках, где отсутствует жизнеспособный подрост, можно проводить огневую очистку летом при отсутствии ветра и повышенной влажности остатков и подстилки.

С. В. Белов (1973) предлагал использовать контролируемые выжигания в спелых и приспевающих сосняках и лиственничниках, с целью предварительного возобновления за 5–10 лет до их главной рубки. Кроме того, он считал целесообразным выжигание мощной лесной подстилки и мохового покрова для уменьшения пожарной опасности последующих поколений леса на 20–30 лет. В районах распространения вечной мерзлоты выжигание увеличивает глубину оттаивания почвы в течение 15–20 лет. Отмечается положительное влияние огня средней интенсивности на рост сосняков при повторяемости пожаров через 40–50 лет.

На основе анализа литературы, посвященной предписанным выжиганиям в США, Канаде и Австралии, М. Л. Тамаркин (1966) и В. В. Фуряев (1970) также отмечают положительную роль огня для снижения пожарной опасности, лесовосстановления и улучшения санитарного состояния лесов.

В. В. Фуряев (1973, 1974, 1978) обращает внимание на возможность применения «управляемого горения» для ухода за составом молодняков сосны по принципу низового метода. При этом под-

черкивается необходимость комплексного исследования последствий пирогенного воздействия на лесные биогеоценозы.

Важное значение использования контролируемого огня в лесохозяйственной практике отмечал И. С. Мелехов (1983). Он рекомендовал проводить профилактические выжигания в сосняках и лиственничниках с целью снижения их пожарной опасности, начиная с 40–50-летнего возраста, когда деревья станут достаточно огнестойкими.

Опыты по выжиганию напочвенного покрова в лиственничниках на вечной мерзлоте проводил П. М. Матвеев с сотрудниками (1980, 1981, 1987). Им разработаны различные варианты и схемы выжиганий с целью обеспечения естественного возобновления для лиственничников Эвенкии. При этом установлено, что оптимальными условиями погоды является полное безветрие при величине комплексного показателя 2–2,5 тыс. мб/град. В результате проведенных экспериментов им установлено, что наилучшие результаты дает выжигание фронтальным огнем. Показана экономичность этого мероприятия.

С 1996 года Институт леса СО РАН совместно с Комитетом по лесу Красноярского края проводит опытно-производственные работы по контролируемым выжиганиям на вырубках и под пологом леса (Валендик, 1998; Valendik et. al., 1997). Эти работы подтверждают выводы зарубежных исследователей об эффективности и экономичности применения выжиганий в уходе за лесом.

Обобщая зарубежный и отечественный опыт контролируемых выжиганий, можно отметить следующее:

– в зарубежной практике ведения лесного хозяйства накоплен большой опыт использования контролируемого огня для различных целей природопользования. Разработаны руководящие и нормативные документы правового, технического и природоохранного назначения. Лидерами по контролируемым выжиганиям являются Лесные службы США, Канады и Австралии;

– в России эти работы пока находятся в стадии опытно-производственных в масштабах лесхозов. Есть необходимость в тиражировании метода в разных лесорастительных условиях, в

накоплении опыта и в создании правовой и нормативной баз для широкого внедрения в условиях Сибири.

Глава 2. ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА

2.1. Рельеф, климат, почвы

Контролируемые выжигания и исследования их последствий проводились в равнинных низкогорных темнохвойных лесах подзоны южной тайги Средней Сибири. Для характеристики района работ мы использовали работы А. Б. Жукова с соавторами (1969), М. И. Волобуева (1960), Н. Н. Галахова (1964); Е. И. Лапшиной с соавторами (1971), А. А. Ерохиной и М. В. Кириллова (1964), В. Н. Горбачева и Э. П. Поповой (1992), В. Н. Смагина с соавторами (1977), Р. М. Бабинцевой и Ю. С. Чередниковой (1983), Атлас Красноярского края (1994).

Район работ охватывал южную (Ангаро-Канская часть) и приангарское понижение Енисейского кряжа. Енисейский кряж – низкогорный массив, расположенный на западной окраине Среднесибирского плоскогорья и простирающийся сравнительно неширокой полосой на север от Транссибирской железнодорожной магистрали вдоль реки Енисей. По характеру рельефа и тектоническим особенностям кряж делится на три части: северную (Заангарскую), приангарское понижение и южную (Ангаро-Канскую).

Ангаро-Канская часть Енисейского кряжа представляет древнее складчатое сооружение, пенеплезированное в мезозое, а затем расчлененное в результате новейших глыбовых поднятий (Волобуев, 1960). Строение кряжа асимметричное с главным водоразделом, почти вплотную прижатым к восточному склону, более короткому и крутому, чем западный. Осевая часть кряжа наиболее приподнятая поверхность с абсолютными высотами 550–660 м. Рельеф плосковершинный, густо- и глубоко расчлененный с останцами денудации в виде скал и скалистых гребней.

Восточный склон кряжа имеет сглаженный грядовой, густорасчлененный рельеф. Абсолютные высоты водораздельных возвышенностей 300–450 м на севере и 350–500 м на юге, очертания рельефа мягкие, плосковыпуклые. Западная покатость кряжа также неоднородна по рельефу, абсолютные высоты от 150 до 200 м.

Приангарское понижение (Казачинская впадина) ограничивает южную часть Енисейского кряжа с севера. Эта впадина сложена древнеаллювиальными красноцветными щебнистыми и гравийно-галечными супесями, суглинками и песками, имеет слабо расчлененный рельеф с абсолютными высотами 200–270 м. Водораздельные пространства ровные, изредка расчлененные балками. Отчетливо в рельефе выражены эрозионно-аккумулятивные террасы рек Ангара и Енисей.

Климат южной части Енисейского кряжа континентальный, но несколько мягче, чем на остальной части Средней Сибири на этой же широте. Климатические условия определяются циклоническими образованиями, возникающими на севере азиатского материка. С циклоничностью связано интенсивное выпадение осадков во вторую половину лета (июль–август) и накопление больших снежных масс снежного покрова в зимнее время. На кряже выпадает 450–600 мм годовых осадков, в то время как в прилегающей Канской котловине 300–400 мм (Галахов, 1964; Атлас Красноярского края, 1994).

Меридиональное простирание кряжа обуславливает повышенную влажность западного склона по сравнению с восточным. Также с запада на восток возрастают и другие показатели континентальности климата (Лапшина и др., 1971). Снеговой покров ложится в октябре и сходит в конце апреля. Общие климатические условия южной части Енисейского кряжа: устойчивая, достаточно высокая влажность воздуха в летнее время и длительная сохранность снежного покрова большой мощности зимой обуславливают отсутствие сухого периода.

Ангаро-Канская часть Енисейского кряжа находится в подзоне южной тайги и отражает особенности почвенно-растительного покрова этой подзоны. Из-за незначительной высоты этой части кряжа высотная поясность в распространении почв и растительности не выражена. Смена ассоциаций и почвенных разностей определяется в первую очередь степенью дренированности местообитаний, расчлененностью поверхности, крутизной и экспозицией склонов. Существенную роль играет степень развития

плоскостного сноса, а в верхних частях склонов, где снижается роль аккумуляции, литология и химизм коренных пород.

Почвы отличаются маломощностью и щебнистостью. В зависимости от положения в рельефе они имеют различное строение профиля: от слаборазвитого в верхних частях склонов, до хорошо развитого, с четким делением на генетические горизонты, по плоским вершинам и нижним частям склонов. На территории южной части Енисейского кряжа господствуют почвы подзолистого ряда (Лапшина и др., 1971), с длительным промерзанием без многолетнемерзлого слоя (Ерохина, Кириллов, 1964).

Почвообразующими породами на кряже служат элювиальные и элювиально-делювиальные образования разной мощности, покрывающие водоразделы и склоны, литологический состав которых зависит от коренных пород. В основном это красноцветные продукты древнего почвообразования и выветривания, имеют глинистый механический состав, карбонаты, обогащены окисными соединениями железа, отличаются своеобразным минералогическим составом. Мощность отложений обычно не превышает 1 м.

Образование той или иной почвы связано с макроклиматическими условиями, обусловленными характером рельефа, растительным покровом и различиями в подстилающих породах. Глины и суглинки характеризуются относительным богатством обменных оснований. Почвы, формирующиеся на этих отложениях (дерново-подзолистые, серые лесные, дерновые лесные), характеризуются достаточно хорошими лесорастительными свойствами (Горбачев, Попова, 1992).

В условиях интенсивного плоскостного сноса в местах близкого залегания коренных пород развиваются горные дерновые лесные почвы, отличающиеся высокой гидролитической и обменной кислотностью, более высоким содержанием гумуса и отсутствием оподзоливания. Почвы маломощны и щебнисты, имеют слабую дифференциацию на генетические горизонты, бурую или красно-бурую окраску почвенного профиля. Такие почвы обычны в литоморфных фациях и связаны с темнохвойными и сосновыми ле-

сами с черникой.

На участках с дополнительным увлажнением грунтов (гидроморфные фации) развиваются почвы повышенного увлажнения – торфянисто-подзолисто-глеевые и дерново-подзолисто-глеевые. Они характеризуются неблагоприятным тепловым режимом.

Основными почвами южно-таежной подзоны являются дерново-подзолистые почвы, которые являются зональными образованиями южной тайги, очень разнообразны по своим физико-химическим характеристикам с разной степенью оподзоливания и гумусированности, тесно связанные с типом растительного покрова. В них хорошо выражена дифференциация почвенного профиля, прослеживаются изменения в содержании илистой фракции. Содержание гумуса значительно (от 3 до 7 %), но с глубиной падает довольно быстро. Для этих почв характерна высокая кислотность, особенно в верхних горизонтах, значительное количество подвижного алюминия и железа (Ерохина, Кириллов, 1964).

Помимо дерново-подзолистых почв на Енисейском кряже (Казачинская впадина) под темнохвойной тайгой на супесях и лессовидных суглинках встречаются серые лесные почвы, обладающие неплохим потенциальным плодородием. Обеспеченность органическими соединениями таких почв средняя – содержание гумуса в аккумулятивном горизонте составляет более 4 %, при переходе к материнской породе происходит равномерное его понижение. В соответствии с понижением органики по профилю сокращается и количество валового азота. Реакция почвенного раствора кислая в верхних, и слабокислая в нижних горизонтах. В составе поглощенных оснований преобладает кальций.

2.2. Растительность района исследований

Разнообразие геоморфологических, литологических и климатических условий сказывается на формировании растительного покрова. Приенисейская часть юга Средней Сибири и, в первую очередь Енисейский кряж, который простирается по меридиану и возвышается над Западно-Сибирской равниной, принимает на себя значительную часть атмосферных осадков, доходящих сюда с атлантическими массами воздуха. Кряж является своеобраз-

ным природным рубежом, который задерживает атмосферные осадки и препятствует распространению их дальше на восток в пределы Приангарья. Кроме того, приенисейская полоса Средне-сибирского плоскогорья испытывает заметное тепловое воздействие водных масс Енисея и Ангары. Поэтому здесь складывается благоприятный тепловой режим воздуха и почв (Горбачев, Попова, 1992).

Достаточно высокая влажность западного макросклона и главного водораздела Енисейского кряжа способствует формированию здесь темнохвойной полидоминантной тайги, которая по структуре древесного яруса и флористическому составу напочвенного покрова, очень близка к западносибирской, но растительный покров южной части Енисейского кряжа, в отличие от равнинного (западносибирского), более разнообразен (Фото 1). Основной отличительной особенностью растительного покрова является ограниченное распространение элементов болотной растительности. Восточный (подветренный) склон, характеризующийся большей континентальностью климата, по составу растительности имеет много общего со светлохвойной тайгой Среднего Приангарья.

Спонтанной растительностью западного макросклона Енисейского кряжа является темнохвойная тайга с преобладанием пихты, имеющая оптимальные условия для своего развития на западной покатости кряжа и на его главном водоразделе. Для этих лесов характерна полидоминантность и разновозрастность древостоя, высокая полнота и сомкнутость древесного яруса, в котором явно преобладает пихта при постоянном участии кедра и ели. Кроме основных лесообразующих пород в составе древесного полога могут встречаться сосна, лиственница, береза, осина. Участие последних сильно варьирует – от единичных деревьев до 2–3 единиц состава, что связано с восстановительными процессами и возрастными изменениями насаждений. Соотношение темнохвойных пород более стабильно.

Фитоценотическое строение елово-кедрово-пихтовых лесов довольно однородно, что объясняется сильной эдификаторной

ролью темнохвойных пород. Господствуют зеленомошные леса, в которых эдифицирующая роль темнохвойных пород проявляется наиболее полно, и леса с хорошо развитым мезофильным покровом. На восточном склоне, обращенном к Канской котловине, в соответствии с уменьшением влажности и усилением континентальности, господство переходит к сосновым лесам. Темнохвойные леса в полосе сосняков занимают лишь долины и нижние части склонов теневых экспозиций.

Современный растительный покров кряжа сложен фитоценозами, имеющими различные динамические состояния. Массивы коренных елово-пихтовых и кедрово-пихтовых лесов сохранились на главном водоразделе, местами в осевой части и приангарском понижении. Однако значительную часть территории, особенно по западной покатости кряжа, занимают производные сообщества. Они представляют различные стадии лесовосстановительной динамики коренных темнохвойных лесов. Из числа антропогенных воздействий наибольшее влияние на изменение коренной растительности оказывают лесные пожары. В настоящее время в лесах Енисейского кряжа ведется интенсивная лесозаготовка, в последнее десятилетие с применением агрегатной лесозаготовительной техники. Это, несомненно, усугубляет негативные последствия лесоразработок и требует несколько иного нетрадиционного подхода к лесовосстановлению. Вырубки находятся на разных стадиях восстановления.

Правобережная часть лесхоза, где, собственно, и проводились контролируемые выжигания, занимает юг Енисейского кряжа (Приенисейская горная провинция). Здесь выделяются два ВПК (высотно-поясных комплекса) типов леса: подтаежный и горно-таежный. К настоящему времени леса подтаежного ВПК практически полностью вырублены и представлены разными стадиями лесовосстановительной сукцессии. В связи с этим эксплуатируются леса горно-таежного ВПК.

По набору видов и фитоценотической структуре темнохвойные леса горно-таежного ВПК сходны с южно-таежными равнинными лесами со всеми присущими им чертами: полидоми-

нантностью и густотой древостоев, разновозрастностью древесного яруса и подроста. Они образованы чаще всего смешанными елово-пихтовыми и пихтово-еловыми насаждениями с примесью кедра, который получает преобладание в обводненных экотопах. Фитоценотическое разнообразие темнохвойных лесов определяется господством травяных циклов типов леса (Бабинцева, Черденникова, 1983).

Наиболее распространены мелкотравно-зеленомошные и вейниковые серии пихтовых и еловых лесов, приуроченные к плакорным местообитаниям. Древостои характеризуются высокой производительностью (не ниже III класса бонитета) и неравномерной густотой. В травяном покрове наблюдается ярко выраженная мозаичность и комплексность. При анализе видового состава нижних ярусов выявлено широкое участие мезофитов.

В горно-таежном ВПК фон образуют пихтарники мелкотравно-зеленомошные и вейниковые занимают хорошо дренированные плакоры и склоны всех экспозиций. Древостои II–III классов бонитета, полнота 0.9, сомкнутость древесного полога может значительно колебаться от 0.5 до 1.0. Сложные по породному составу, разновозрастные, в большинстве случаев двухъярусные. В примеси постоянны ель до 40 %, кедр 10–20 %, осина до 1–2 единиц состава древостоя. Возобновление удовлетворительное (12–18 тыс. шт./га подроста пихты в основном до 25 см). Примесь кедра и ели обязательна, но подрост этих пород более крупный и произрастает в окнах древесного полога.

Пихтарники крупнотравные и травяно-болотные занимают незначительные площади (2–3 % в пределах пихтовой формации) и приурочены: первые – к пологим склонам теневых экспозиций, последние – на склонах тех же экспозиций к увлажненным понижениям в рельефе. Возобновляются удовлетворительно разновозрастным и разновысотным подростом темнохвойных пород с преобладанием пихты.

Кедровая формация не имеет широкого распространения из-за небольших абсолютных высот. Фоновой группой типов леса являются кедровники зеленомошные. Древостои III класса боните-

та, в их составе кедров от 50 до 80 %, высокополнотные, зачастую имеют второй ярус из пихты. Под их пологом формируется жизнеспособный подрост: 8–11 тыс. шт./га. Преобладает пихта до 50 см высотой, кедр дает 10–20 % состава и представлен в основном экземплярами от 50 см до 1 м и более.

Кедровники крупнотравные формируются в неглубоких понижениях по руслам временных водотоков, в переувлажненных долинах ручьев – кедровники травяно-болотные IV класса бонитета, в составе которых значительна примесь ели (до 30 %). Древостои III класса бонитета, полнота 0.7–0.9. Возобновление под пологом древостоев удовлетворительное. Подрост приурочен к окнам древесного полога, к микроповышениям (в кедровниках травяно-болотных) и, несмотря на свою малочисленность (4.5–7.0 тыс. шт./га), характеризуется надежными показателями жизнеспособности (относительной длиной кроны более 1.0, нарастающим текущим приростом, отдельные экземпляры в 40–50 лет достигают 2–2.5 м).

Еловая формация в пределах горно-таежного ВПК представлена вейниковой и мелкотравно-зеленомошной группами типов леса. Экотопы с достаточно высокой трофностью почв, но с большой обводненностью проточными водами (плоские ложбины и западины, долины водотоков) заняты травяно-болотными ельниками. Они не занимают больших площадей, производительность колеблется от II класса бонитета (ельники вейниковые) до IV (ельники травяно-болотные). Естественное возобновление под пологом повсеместно удовлетворительное, а в ельниках вейниковых насчитывается до 20 тыс. шт./га жизнеспособного подростов темнохвойных пород. Восстановление ельников, относящихся к защитной зоне вдоль водотоков, где рубки главного пользования не ведутся, обеспечивается естественным путем в порядке восстановительных смен.

Сосновые леса в пределах горно-таежного ВПК встречаются спорадически, больших площадей не занимают. В настоящее время они сохранились на главном водоразделе в недоступных для лесозаготовительной техники условиях местопроизрастания и

представляют собой высокополнотные древостои преимущественно II класса бонитета со вторым ярусом из пихты. Возобновление удовлетворительное, с почти абсолютным преобладанием пихты. Хорошая жизнеспособность подроста и наличие экземпляров всех высотно-возрастных групп в дальнейшем обеспечит формирование пихтового яруса. Возобновление сосны неудовлетворительное.

Сосняки сфагновые, на окраинах верховых болот, и лишайниковые, приуроченные к каменистым гривам, возобновляются неудовлетворительно. Под их пологом встречается единичный еловый и лиственничный подрост и поросль лиственных.

Горимость лесов региона низкая. Однако серьезную проблему в охране лесов от пожаров создают вырубки. Площади их ежегодно растут, следовательно, увеличивается территория с повышенной пожарной опасностью и потенциальные затраты на охрану. Особенно это относится к горным темнохвойным лесам на склонах южной экспозиции, где на вырубках происходит смена растительного покрова на травянистую растительность и пожары возможны сразу после схода снежного покрова. Кроме того, на неустроенных в противопожарном отношении вырубках не гарантирована сохранность подроста.

Из-за большого количества горючих материалов (до 70 т на га) высокая пожарная опасность здесь сохраняется в течение 3–4 месяцев. Даже обилие зеленой массы из трав и кустарников не снижает пожарной опасности, и возникающие на вырубках пожары беспрепятственно распространяются на окружающие древостои. Поэтому разработка мероприятий по снижению пожарной опасности на вырубках в этих лесах своевременна и актуальна.

¹2.3. Типы вырубок и проблемы их лесовосстановления в темнохвойных лесах

Потребность в типизации вырубок возникла в связи с необходимостью их полного и своевременного лесовосстановления. Она

¹ Раздел написан В.Д.Перевозниковой

имеет большое практическое значение для выбора наиболее эффективных способов лесовосстановления, поскольку отражает биологически сложные процессы развития напочвенного покрова на вырубках разной давности с учетом особенностей его формирования в различных регионах страны. Это позволяет наметить стратегию лесовосстановления не только для целого лесохозяйственного района, но и выбрать для каждого участка наиболее правильный путь его восстановления хозяйственно ценными породами.

Научные основы учения о типах вырубок были разработаны в 50-е годы И. С. Мелеховым. Учение о типах вырубок стало теоретической основой для систематизации лесовозобновительных процессов после рубок на комплексной биологической и хозяйственной основе. При этом важно учитывать зональную принадлежность типов вырубок, их трансформацию и географическое замещение.

Трансформация типологической структуры вырубок чаще всего связана с прохождением стихийных пожаров. Изучение стихийно-паловых вырубок помогает правильно решить вопрос о специальной огневой подготовке лесосек, в том числе и к созданию плано-паловых вырубок. Целевые паловые рубки не должны иметь недостатков, свойственных стихийно-паловым. Несмотря на то, что предпочтение отдается безогневым способам очистки лесосек, полностью исключать разумное применение пала на вырубках нет оснований (Мелехов, 1959).

Классифицировать рубки следует по тем же принципам, которые приняты в лесной типологии, однако нельзя базироваться только на статической типологии леса (Маслаков, Колесников, 1968; Колесников, 1974). Во всех типологических классификациях вырубок, независимо от их назначения, важно максимально учитывать их динамику. Хотя на вырубках и формируются новые лесорастительные условия, но направление и развитие их напрямую зависит от реализации возможностей, имевшихся до рубки внутри типа леса (Мелехов и др., 1962; Чертовской и др., 1974, Каразия, 1989).

Всестороннее изучение природы вырубок, начатое И. С. Мелеховым (1954, 1959, 1968) на севере европейской части страны, было продолжено и в других районах. На северо-западе Русской равнины (Ниценко, 1958), на Урале (Зубарева, 1961), в Западной Сибири (Хлонов, 1962; Таланцев, 1972; Крылов, Демиденко, 1974), в сосновых лесах Восточной Сибири (Михеев, 1965), на Дальнем Востоке (Солодухин, 1961).

Наряду с таким широким географическим подходом делались попытки теоретического обоснования природы вырубок в конкретных лесорастительных условиях. Достаточно много работ было посвящено природе кедровых вырубок (Таланцев, 1972; Кожеватова, 1962; Таланцев, Куликов, 1971; Крылов, Демиденко, 1974). Типы вырубок пихтово-еловых лесов северного Сихотэ-Алиня наиболее полно охарактеризованы Ю. И. Манько (1967), типология вырубок лиственничных лесов Дальнего Востока изучалась В. И. Обыденниковым (1968). Вырубки пихтово-еловых лесов о. Сахалин достаточно полно изучены А. П. Клиновым (1961). Типология вырубок лиственничных лесов Камчатки изучалась Д. Ф. Ефремовым (1969). Наиболее полная сводка по типам вырубок различных регионов страны была сделана В. И. Обыденниковым и Н. И. Кожуховым (1976).

Основной классификационной единицей лесорастительных условий в пространстве и во времени, применительно к сплошным, прежде всего концентрированным вырубкам, является тип вырубки, который, по определению И. С. Мелехова (1954), объединяет участки однородные по комплексу лесорастительных условий. Они характеризуются общим напочвенным покровом, микроклиматическим, почвенно-гидрологическим и микробиологическим режимами, определяющими общие тенденции изменения лесорастительных условий и лесовосстановительного процесса.

Параметрами, определяющими условия среды, являются: климат, почвы и рельеф, как фактор перераспределения тепла и влаги (Чертов, 1981). Различия по влагообеспеченности определяют тип вырубки: на месте ельников-черничников свежих могут образо-

ваться луговиковые и вейниковые типы вырубок, а на вырубках ельников-черничников влажных – долгомошные и осоководолгомошные. На богатых почвах при достаточном увлажнении (ельники-кисличники) спектр образующихся типов вырубок расширяется: кипрейные, кипрейно-паловые, кипрейно-малинниковые, кипрейно-вейниковые, вейниковые (Кожухов, 1971; Обыденников, Кожухов, 1976; Обыденников, Тибуков, 1996).

Ведущим признаком типизации вырубок является напочвенный покров, который, становясь эдифицирующей синузией, создает условия для лесовосстановления. Критерием для выделения типов вырубок служат четко выраженные различия в растительном покрове индикаторных растений по наиболее специфичным для того или иного типа (виды вейников, луговик, иван-чай, сфагнум и др.). Растения-индикаторы обычно характеризуют кульминационный период в развитии растительного покрова после рубки при данных лесорастительных условиях. Существующая мозаичность нижних ярусов растительности в исходных древостоях до рубки, ценотически обусловленная структурой эдификаторного яруса, на вырубках конвергирует и, в большинстве случаев, приводит к формированию отличных от исходного типа леса лесорастительных условий.

Тип вырубки – непродолжительный безлесный этап развития лесного ценоза, и динамика растительного покрова на данном этапе. Однако внедрение в лесную промышленность агрегатных машин, изменяющих после рубки естественную мозаичность исходного типа леса, усложнило условия формирования типов вырубок, выдвинув в число приоритетных факторов степень воздействия лесозаготовительной техники на подрост основной лесобразующей породы и напочвенный покров.

Сходные лесорастительные условия, одинаковый ход возобновления основных лесобразующих пород и однородный, по целевому направлению, хозяйственный режим – основные параметры, сближающие тип леса и тип вырубки. Возникающие на вырубках кратковременные группировки растительности (тип вырубки) правомерно отождествляются с этапами развития лесной

растительности (определенными стадиями лесообразовательного процесса), если развитие растительности не сопровождается коренным изменением лесной обстановки и трансформацией лесных ассоциаций в нелесные (Маслаков, 1972).

В образовании типов вырубок наблюдаются два ряда развития: естественный и паловый. В естественном ряду развития каждому типу леса соответствует свой тип вырубки. Паловый ряд имеет более широкий типологический спектр. В этом случае одному типу леса может соответствовать несколько типов паловых вырубок или один тип паловой вырубки может сформироваться в условиях нескольких типов леса.

Длительность периода прохождения этапов развития на вырубках естественного ряда зависит не только от природных, но и от технологических факторов. Этап, на котором обозначаются черты сформировавшегося типа вырубки в различных лесорастительных условиях, не одинаков по времени. В целом, образование типов вырубок – динамичный процесс, тем не менее, кульминационные моменты в их формировании легко фиксируются: наиболее бурное изменение среды, появление основных эдификаторов вырубок среди травяного покрова и подлеска, образование лесного полога (Маслаков, 1972).

На вырубках палового ряда огонь различной интенсивности определяет динамичность этапов развития и образования того или иного типа вырубки. Например, на месте мшистых кедровников при сильном прогорании могут образоваться кипрейные и вейниковые типы вырубок, при слабом – осочковые. На месте высокопроизводительных групп типов леса (кедровников папоротниковых, крупнотравных и разнотравных) – малинниковые (Кожеватова, 1962). При сильном прогорании подстилки образуются кипрейно-паловые вырубки, при слабом – палово-вейниковые с преобладанием вейника наземного (Аникеева, 1989). Отличать паловые вырубки от беспаловых необходимо, если они даже характеризуются одним и тем же составом травостоя, так как среда для возобновления леса на них может быть различной (Мелехов и др., 1962). Типы вырубок, формирующиеся под воздействием огня, охватывают разнообразные местообитания и географически обу-

словлены: вейнико-паловые – вся таежная зона Урала, Сибири и Дальнего Востока; кипрейно-паловые – на Урале и Дальнем Востоке; кипрейно-малинниковые – на Среднем Урале; кипрейно-вейниковые паловые – темнохвойные и лиственничные леса Дальнего Востока; вейниково-разнотравные паловые – в таежной зоне Дальнего Востока и Сибири; вейниково-осоковые паловые – в таежных лесах Сибири и Дальнего Востока (Обыденников, Кожухов, 1976).

Условия возобновления и возобновительный период на паловых и беспаловых вырубках различны. Паловые вырубки темнохвойных лесов (осочковый, кипрейный, вейниковый, малинниковый типы), кроме палово-кипрейных, возобновляются хуже беспаловых. Возобновительный период на беспаловых вырубках в среднем длится от 7 до 15 лет, но значительно варьирует по типам вырубок, а на паловых – растягивается до 10–25 лет.

Однако возобновительный период паловых вырубок в сосновых лесах может быть значительно короче, что связано с биологической особенностью сосны, которая успешно поселяется на минерализованном огнем или механическим путем субстрате. У этой породы проростки и всходы выживают при условии укоренения в минеральном горизонте, и она успешно восстанавливается на гарях и гарях-вырубках в естественных условиях в зоне действия сохранившихся обсеменителей (Санников, 1965, 1968; Бойченко, 1989).

На кипрейных вырубках (Урал, Сибирь, Дальний Восток) возобновление протекает по-разному, в зависимости от района. Багульниковые вырубки (Восточная Сибирь и Дальний Восток) возобновляются хвойными часто неудовлетворительно. При воздействии на них пожаров разной интенсивности возможно образование паловых вейниковых и багульниковых типов вырубок, условия возобновления на которых неблагоприятные. В условиях Дальнего Востока пожары сильной интенсивности иногда содействуют возобновлению хвойных, и оно протекает успешно и без смены пород при условии совпадения времени наступления семеношения и прохождения огня на вырубке (Обыденников, Кожухов, 1976).

хов, 1976). На долгомошных вырубках (на севере европейской части страны) при отсутствии хвойных обсеменителей возобновление хвойных пород протекает слабо (Чертовской, 1959).

После рубки в лишайниковой группе типов леса не наблюдается смены лишайников другими представителями напочвенного покрова, и они по-прежнему остаются эдификаторами. Видовой состав напочвенного покрова на лишайниковых вырубках, его сомкнутость и развитие находятся в тесной связи с низовыми пожарами, равно как и естественное возобновление. Успешность возобновления на лишайниковых вырубках зависит от мезорельефа, так как с ним связан видовой состав напочвенного покрова и мощность подстилки (Репневский, 1959). Общий ход возобновления вырубок лишайникового типа подзоны южной тайги Западной Сибири близок к аналогичному в европейской части (Шиманюк, 1955).

Природные условия лесной зоны в целом благоприятны для естественного возобновления не только темнохвойных пород, но и светлохвойных. Однако в полидоминантных древостоях подзоны южной тайги наблюдается тенденция замещения одних древесных пород другими и, как результат, происходит замещение сосны темнохвойными породами в сосновых насаждениях. В большинстве случаев сосна вытесняется не только в производных, но и в коренных сосновых древостоях, и только пожары да выборочные рубки могут обеспечить преобладание сосны в составе возобновления.

Среди выделенных типов вырубок наибольшее хозяйственное значение имеют вейниковые. Это группа типов вырубок, ведущим фактором лесорастительных условий которых является задержание почвы тем или иным видом вейника. Формирование вейниковых вырубок обусловлено произрастанием вейника под пологом леса до рубки, хотя его проективное покрытие незначительно и составляет не более 1–6 % (Мелехов, 1954; Корконосова, 1967). Особенно ярко эдифицирующая роль проявляется на вейникопаловых вырубках.

Группа вейниковых вырубок широко распространена во всех

районах лесной зоны, в том числе на Урале, Сибири и Дальнем Востоке. Вейниковые вырубки обычно формируются после рубки типов леса с умеренно влажными (свежими) и суховатыми почвами. Присутствуя в незначительном количестве в условиях лесной обстановки и являясь теневыносливыми, вейники не играют существенной роли в травяном покрове до рубки. Однако на вырубках они становятся не только индикаторами, но и эдификаторами лесорастительной среды.

Все вейниковые вырубки относятся к трудно возобновляемым ценными древесными породами и являются первоочередным объектом лесокультурного фонда (Фото 2). Общими признаками, сближающими их типологическое разнообразие, являются:

- сильное задернение;
- длительный период возобновления хвойных;
- возобновление лиственных обычно заканчивается к 3–5 годам после рубки;

– четко выражена длительная смена пород. Вейниковые вырубки экологически отличаются друг от друга и представлены следующими типами: тупоколосковейниковые, наземно-вейниковые, лесноейниковые, лангсдорфовойейниковые.

Тупоколосковейниковые типы вырубок обычно формируются на месте пихтово-еловых лесов на подзолистых почвах тяжелого механического состава и распространены на Урале, в южной подзоне тайги Западной Сибири (Обыденников, Кожухов, 1976).

Лангсдорфовойейниковые типы вырубок распространены на Дальнем Востоке. В зависимости от исходного типа леса возобновление на них проходит по-разному. В остальных районах таежной зоны эти вырубки не имеют широкого распространения и приурочены к определенным местообитаниям.

Лесноейниковая группа типов вырубок, самая распространенная из вейниковых вырубок, широко представлена практически во всех лесных формациях подзоны южной и средней тайги и различается протеканием процессов возобновления. Возобновительный период в одних географических районах (на Урале) может растягиваться на 15–20 лет (Обыденников, Кожухов, 1976), в других

протекает довольно успешно. Установлено, что лесовейниковые вырубки в сосновых лесах Западной Сибири возобновляются чаще всего без смены пород и период возобновления составляет не более 4–5 лет (Хлонов, 1962; Таланцев, 1971). В то же время на лесовейниковых вырубках кедровых лесов возобновление хвойными породами неудовлетворительное (Крылов, Демиденко, 1974). Вырубки сосновых лесов Восточной Сибири возобновляются успешно с периодом возобновления 3–4 года (Михеев, 1965; Ермоленко, 1987).

Наземнейниковые вырубки встречаются во всех районах лесной зоны, но эдифицирующая роль вейника наземного проявляется лишь на наземнейниково-паловых вырубках. Интенсивность вегетативного возобновления вейника наземного после пожара довольно велика лишь при отсутствии сильного прогорания подстилки. На непаловых вырубках вейник наземный имеет преимущество на старых вырубках, когда дернина вейника лесного становится рыхлой.

Обычно вейник лесной формирует непаловый ряд вейниковых вырубков, тогда как вейник наземный образует вейниково-паловый ряд. Зачастую лесовейниковые вырубки, пройденные палом, трансформируются в наземно-вейниковые, а иногда и с примесью луговика извилистого. Это создает значительные трудности в естественном лесовозобновлении таких вырубков, поскольку вейник наземный является самым мощным задернителем из всех вейников. При этом он обладает ярко выраженной способностью к вегетативному размножению (Корконосова, 1967).

Обширная территория Красноярского края обладает разнообразными природными условиями и располагает мощным лесным комплексом. Сведений, дающих исчерпывающую типологическую характеристику вырубков, немного, за исключением подзоны южной и средней тайги равнинных лесов, где проводилась инвентаризация лесокультурного фонда (Огиевский, 1966; Огиевский, Медведева, 1969). В остальных районах края типы вырубков изучались эпизодически (Михеев, 1965; Лапшина и др. 1971; Иванова, Перевозникова, 1994). Между тем вопрос о классификации вырубков остается в настоящее время открытым.

В подзоне южной тайги после стихийных пожаров большинст-

во типов вырубок преобразуется в паловые кипрейные. Вейниково-кипрейные и кипрейные вырубки более благоприятны для естественного лесовозобновления.

Учитывая лесовосстановительный потенциал под пологом темнохвойных лесов южной части Енисейского кряжа, а также изменения лесорастительных свойств почв на вырубках, типологическая структура вырубок данного региона не выходит за рамки зональных закономерностей формирования типов вырубок для подзоны южной тайги. Характер зарастания вырубленных участков определяется условиями местообитания, а типологическая структура обусловлена давностью рубки. С точки зрения оценки лесовосстановления целесообразна типизация вырубок по следующим временным интервалам: 1–3 года; 4–5 лет; 6–10 лет; старше 10.

Вырубки 1–3 года отличаются наибольшим типологическим разнообразием и очень часто на этих вырубках прослеживаются черты исходного типа леса. Формирующийся на вырубках фитоценоз характеризуется рыхлым сложением напочвенного покрова и слабым задержанием. В этот период появляются всходы лиственных пород и видов подлеска, одновременно идет их массовое вегетативное размножение. В наиболее благоприятных условиях (богатые почвы и достаточное увлажнение) обычно разрастается малина. Зеленые мхи повсеместно деградируют. Господствуют в зависимости от условий экотопа *Calamagrostis obtusata*, *Carex lasiocarpa* и некоторые виды лесного крупнотравья, но с невысоким обилием и проективным покрытием. Сохраняется высокий процент захламленности порубочными остатками. Продолжается дифференциация напочвенного покрова и формирование типов вырубок.

На 4–5-летних вырубках заметно увеличивается обилие и проективное покрытие доминирующих видов. Типологическая структура вырубок упрощается и все их разнообразие представлено обычно 2–3 типами (крупнотравно-вейниковым, осочково-разнотравным, кустарниково-вейниковым), отражающими степень дренированности и тепловлагообеспеченности почв. Значи-

тельно уменьшается захламленность мелкими порубочными остатками. Сильно минерализованные участки зарастают, образуя чаще всего монодоминантные сообщества (*Stellaria bungeana*, *Cerastium pauciflorum*, *Cirsium setosum*).

На 6–10 - летних вырубках появляется тенденция к усложнению типологической структуры, обусловленная началом формирования древесного полога. Численность и видовой состав доминантов травяно-кустарничкового яруса не меняется, но наблюдается их структурная дифференциация.

Для вырубок старше 10 лет характерно дальнейшее усложнение их типологической структуры, тесно связанное с формированием эдификаторного яруса древостоя. Четко наметилась экологическая дифференциация типов вырубок: крупнотравные занимают пониженные и достаточно увлажненные и в некоторых случаях даже переувлажненные местоположения; разнотравно-осочковые прочно удерживаются на крутых выпуклых склонах и шлейфах склонов южных экспозиций. В густых куртинах древостоя начинается формирование зеленомошных типов вырубок.

Таким образом, можно выделить следующие стадии лесовосстановительной сукцессии, отражающие период возобновления и характер роста древесных пород, динамику накопления и утилизации поступившей после рубки органики:

– открытый фитоценоз (1–3 года), характеризующийся большой пестротой видового состава растений напочвенного покрова и пятнисто-зарослевым характером размещения их по площади вырубки. Наблюдается наибольшее типологическое разнообразие экотопов; господствуют виды с высокой интенсивностью семенного и вегетативного размножения. Задернение слабое и лишь местами среднее. Этот период благоприятен для поселения и роста древесных растений. На вырубках этого возрастного ряда наблюдается сильное захламление;

– сомкнутый невыработанный фитоценоз (4–10 лет). Сохраняет пятнисто-зарослевое сложение травостоя, четко прослеживается тенденция к усложнению типологической структуры. Снижается численность всходов как древесных, так и травянистых растений, угнетается их рост, увеличивается отпад. В зависимости от усло-

вий экотопа доминировать могут осочка, вейник и некоторые виды лесного крупнотравья. Задернение в большинстве случаев сильное. Условия для поселения и роста древесных пород неблагоприятные. Уменьшается захламленность площади вырубki мелкими порубочными остатками;

– замкнутый выработанный фитоценоз (старше 10 лет) отличается усложнением типологической структуры, связанной с развитием древесного яруса. Происходит изреживание травостоя, снижается его продуктивность. Роль эдификатора переходит от травянистых растений к древесным, в биогруппах последних возможно появление самосева хвойных. Задернение заметно понижается и строго детерминируется мозаикой травяно-кустарничкового яруса. Этот период характеризуется удовлетворительными условиями для поселения и роста древесных растений.

Таким образом, для нашего региона более влажного по климатическим условиям (Западный макросклон Енисейского кряжа) после стихийных пожаров как на паловых, так и беспаловых типах вырубok доминирует вейник тупоколосковый (*Calamagrostis obtusata*), который является сильным задернителем. Возобновление хвойных на таких вырубках затруднено. В этом случае можно рекомендовать огневую очистку вырубok с последующим естественным или искусственным лесовосстановлением. Проведенные обследования вырубok на восточном макросклоне Енисейского кряжа, включающие Казачинскую впадину, показали, что формирование растительного покрова беспаловых и паловых вырубok протекает со значительным участием кипрея (*Chamerion angustifolium*), положительно влияющего на лесовозобновление. Если пожар на вырубках совпадает с плодоношением хвойных, то паловые вырубki могут возобновиться естественным путем. Наиболее успешно после пожаров средней и сильной интенсивности возобновляются коренной породой кипрейно-паловые вырубki.

Глава 3. КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ВЫЖИГАНИЯ НА ВЫРУБКАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В настоящее время в лесах Красноярского края достаточно интенсивно ведется заготовка древесины с применением агрегатной лесозаготовительной техники. Это, несомненно, усугубляет ее негативное влияние на окружающую среду и требует несколько иного, нетрадиционного подхода к лесовосстановлению вырубок.

Хотя горимость лесов рассматриваемого региона низкая, вырубки создают угрозу пожаров для окружающих лесов. Из-за большого количества быстровысыхающих горючих материалов (70–100 т/га) высокая пожарная опасность здесь сохраняется в течение 3–4 месяцев. Ее не снижает даже обилие зеленой массы из трав и кустарников и пожары, возникающие на вырубках, беспрепятственно распространяются на окружающие древостои.

В Российской Федерации существует утвержденный правительством способ очистки вырубок с помощью огня, который предписывает лесозаготовителям собирать порубочные остатки в кучи и валы высотой не более 3 м с последующим их сжиганием в непожароопасный период (см. Правила рубок главного лесопользования в лесах Восточной Сибири, 1994). Но в настоящее время у предприятий, занимающихся заготовкой древесины, нет экономически приемлемых технических средств для сбора в кучи мелких и средних древесных отходов, которые по запасу составляют до 70 % от всех горючих материалов на вырубке. Поэтому разработка мероприятий по снижению пожарной опасности на вырубках и улучшению условий для лесовосстановления в этих лесах своевременна и актуальна.

3.1. Программа опытно-производственных работ

Целью нашей работы является создание технологий контролируемых выжиганий на вырубках, которые могут обеспечить снижение пожарной опасности и создание условий для последующего лесовосстановления не только посадкой саженцев, но и посевом семян хвойных.

Программа предусматривает решение следующих задач:

- выбор объектов для выжигания, представляющих лесной фонд данного региона;
- определение оптимальных условий для проведения выжиганий;
- обеспечение противопожарного обустройства вырубок перед выжиганием;
- определение предельно допустимых параметров горения, обеспечивающих максимальное сгорание порубочных остатков и сохранность плодородных свойств верхнего горизонта почвы;
- разработка и освоение производственных технологий выжигания;
- оценка влияния выжиганий на окружающую среду и лесовосстановительные процессы.

3.2. Методики опытных работ

Лесоводственная характеристика опытных участков

Выбранные для проведения выжигания вырубки были ориентированы и привязаны на местности. Определялась их площадь, и осуществлялось лесоводственное и геоботаническое описание с использованием общепринятых методик (Сукачев, Зонн, 1961).

До рубки, методом перечислительной таксации, определяли состав, среднюю высоту, диаметр, полноту, возраст и запас древостоя. Для определения возраста деревьев брали образцы с помощью бурава. Учет подроста проводили путем закладки 20 равномерно распределенных по всему участку метровых учетных площадок. При этом определяли его численность, высотнo-возрастную структуру, характер распределения и приуроченность

к условиям микросреды. При описании живого напочвенного покрова в насаждениях и на вырубках выявляли его видовой состав и структуру фитоценоза. Определяли его обилие (по шкале Друде), проективное покрытие и наличие видов травяно-кустарничкового яруса. При характеристике подлеска учитывали его густоту, распределение по площади и видовой состав кустарниковых пород.

Оценка запасов напочвенных горючих материалов

На формирование горючих материалов и их соотношение оказывает влияние целый ряд природных и антропогенных факторов, таких как тип растительности, пожары, увлажненность участка, рубки леса и другие (Курбатский, 1962).

Установлено, что на величину опада и отложение лесной подстилки существенно влияет тип леса и лесорастительных условий. Поступление опада и его преобразование в подстилку, а также скорость разложения подстилки сбалансированы. Это обуславливает относительную стабильность запаса подстилки в течение вегетационного периода (Мелехов, 1957).

Обычно при пожарах в лесу сгорает не более 20–30 % всей органической массы. Полнота ее сгорания, скорость распространения, интенсивность и другие характеристики горения при пожаре в сильной степени зависят от свойств горючих материалов, их количества, структуры, влажности и химического состава (Митрофанов, 1972).

При низовых пожарах горят опад, живой напочвенный покров, подрост, подлесок, подстилка, частично – валежник и гнилые пни. Перечисленные горючие материалы, которые могут сгорать одновременно при низовых пожарах, называют комплексом напочвенных горючих материалов (Курбатский, 1972).

При верховых пожарах в комплекс сгорающих материалов дополнительно входят хвоя, листья, мелкие ветви, сучья в кронах деревьев, а также лишайники и мхи, находящиеся на стволах и ветвях. Загораются и частично выгорают внутри деревья с дуп-

лами. Стволы сухостойных деревьев обгорают частично, по мере подгнивания их поверхности.

При почвенных пожарах сгорает весь комплекс напочвенных горючих материалов. Не сгорают только стволы деревьев, образующих завалы. Поэтому в комплекс горючих материалов почвенного пожара также входят торфянистый горизонт почвы и включенные в него корни живого напочвенного покрова, кустарников и деревьев.

Для оценки структуры и запасов напочвенных горючих материалов на экспериментальном участке определяли запасы опада, подстилки, веточек в зависимости от диаметра, валежа, а также живого напочвенного покрова. На трансекте длиной 15 м на расстоянии 5 и 10 м от ее начала закладывали по две площадки на расстоянии 1 м по обе стороны трансекты размером 0,20 x 0,25 м для опада и подстилки, 0,50 x 0,50 м – для живого напочвенного покрова. Образцы разбирали по фракциям, высушивали до абсолютно сухого состояния и взвешивали. Перед взятием образцов, измеряли толщину слоя опада и подстилки.

Для определения запаса порубочных остатков была использована методика, предложенная Ван-Вагнером (Van Wagner, 1968), затем усовершенствованная Брауном (Brown, 1971, 1974; Brown, Roussopoulos, 1974; Brown et. al., 1981) и Макреем (McRae et. al., 1979). Подсчет числа пересечений горючих материалов производили на трансекте длиной 2 м для частиц размерами от 0 до 7 мм и от 7 до 2,5 см, длиной 3 м – частиц от 2,5 до 7,5 см. Диаметр горючего материала диаметром более 7,5 см измеряли линейкой на трансекте длиной 15 м и записывали также состояние древесины: здоровое или гнилое. Запас горючего материала рассчитывали по формулам:

$$M = \frac{0,1234nd_q^2 sac}{Nl} \quad \text{– для частиц диаметром } 0\text{--}7,5 \text{ см,}$$

где n – число пересечений, d_q – среднеквадратический диаметр частиц, см, a – коэффициент угла наклона частиц, N – число трансект, l – длина трансекты, м, c – коэффициент коррекции склона,

$c = (1 + (\text{процент склона}/100)^2)^{1/2}$, s – вес горючего материала, г/см².

2. Для частиц диаметром $>7,5$ см.:

$$M = \frac{0,1234 \Sigma d^2 s a c}{N l},$$

где d – диаметр частиц, см.

В вычислениях пользовались упрощенными формулами Брауна (Brown, 1974):

$M = 0,09533 n c / N l$ – для частиц диаметром 0–7 мм;

$M = 1,825 n c / N l$ – 0,7–2,5 см;

$M = 14,52 n c / N l$ – 2,5–7,5 см;

$M = 4,656 \Sigma d^2 c / N l$ – $>7,5$ см для здоровой древесины;

$M = 3,492 \Sigma d^2 c / N l$ – $>7,5$ см для гнилой древесины,

где M выражается в тоннах на акр, l – в футах и d – в дюймах. Для перевода *тонн/акр* в метрическую систему, т. е. в *тонн/га*, нужно умножить M на 2,2417.

Запас порубочных остатков до и после выжигания определяли перечетом горючих материалов вдоль сторон равностороннего треугольника для уменьшения ошибок, связанных с выбором направления трансекты (McRae et. al., 1979). Число таких треугольников со сторонами 15 м было не менее 5.

Глубину прогорания напочвенного покрова и подстилки определяли по Г-образным штырям, фиксирующим высоту напочвенного покрова до выжигания. Они располагались на расстояниях 0, 5, 10, 15 м по обе стороны трансекты перпендикулярно к ней на расстоянии 1 м. После контролируемого выжигания измеряли глубину прогорания горючего материала по этим штырям и толщину оставшейся подстилки. Последняя характеризует качество произведенного контролируемого выжигания. Кроме того, определяли недожог, т. е. количество оставшегося горючего материала, рядом с площадками для определения запасов горючих материалов.

Перед началом выжигания определяли влагосодержание всех видов горючих материалов. Влагосодержание порубочных остат-

ков определяли по размерным классам.

Методика прогнозирования поведения пожара

При планировании контролируемых выжиганий необходимо заранее предвидеть возможное поведение пожара и его основные параметры, такие как интенсивность горения, высота пламени, скорость распространения. Моделирование поведения пожара в зависимости от факторов среды с использованием современных технических средств значительно упрощает работы на объектах выжигания.

Используя опыт США и Канады, мы адаптировали систему ВЕНАВЕ для прогнозирования поведения огня на вырубках в лесорастительных и климатических условиях Сибири.

Для предсказания поведения пожара существуют различные методы расчета характеристик горения, например: по таблицам (National Wildfire Coordinating Group, 1983; 1992), по номограммам (Albini, 1976b), на калькуляторе TI59 (Burgan, 1979) и на компьютере с использованием специальных программ (ВЕНАВЕ) (Burgan, Rothermel, 1984; Andrews, 1986a, 1986b; Andrews, Bradshaw, 1990).

На рис. 3.1 приведена схема системы прогнозирования поведения пожара: входные данные, модель поведения пожара, выходные данные и применение выходных данных для тушения, оценки площади и периметра пожара (Rothermel, 1983).

На поведение пожаров большое влияние оказывают вид горючего материала, погодные условия и рельеф местности. Погодные условия выражаются через влагосодержание горючего материала и ветер. Поэтому входными параметрами в модель являются: модель горючего материала, влагосодержание отмерших и вегетирующих горючих материалов, уклон местности и ветер.

Для прогнозирования распространения пожара в США были разработаны 13 стандартных моделей горючих материалов, называемых «моделями поведения пожара». Наземные горючие материалы в таблице классифицированы как травяные, кустарниковые, опадные группы и группа вырубков (порубочные остатки). Запас

горючих материалов приведен по размерным классам – «времени запаздывания», которое означает время сушки при определенных условиях, требуемое отмершему горючему материалу для потери 63 % его первоначального влагосодержания. Такое их влагосодержание достигается при определенных условиях: меньше 7 мм в диаметре за 1 час; от 7 до 2,5 мм – за 10 час; от 2,5 до 7,5 мм – за 100 часов.

Описание и фотографии типичных 13 моделей приводятся в работе Андерсона (Anderson, 1982). В то же время Ротермел (Rothermel, 1983) отмечает, что наличие только 13 моделей для описания всех существующих в США горючих материалов недостаточно, но использование их комбинаций может дать удовлетворительные результаты. Для выбора модели горючих материалов был разработан специальный определитель (Rothermel, 1983; National Wildfire Coordinating Group, 1983).

При контролируемых выжиганиях на вырубке нас интересовали модели, где основным проводником горения являлись порубочные остатки. Это модели 11, 12 и 13 системы ВЕНАВЕ.

Топливная модель № 11 (толщина слоя 0,3 м) – слабые выборочные рубки и операции прореживания в смешанных хвойных и твердолиственных древостоях, а также рубки в сосновых древостоях. Запас горючих материалов с диаметром до 7,5 см составляет менее 27 т/га, а более 7,5 см – 53 т/га.

Топливная модель № 12 (толщина слоя 0,7 м) – сильно прореженные хвойные древостои, сплошные вырубki и вырубki после средних или интенсивных частичных рубок. Запас порубочных остатков диаметром до 7,5 см менее 78 т/га, равномерно распределены по площади, более 7,5 см – 133 т/га.

Топливная модель № 13 (толщина слоя 0,9 м) – сплошные и интенсивные частичные рубки с преобладанием горючих материалов диаметром более 7,5 см. Проводником горения служит непрерывный слой порубочных остатков. Общий запас может превышать 670 т/га. На горючие материалы диаметром менее 7,5 см приходится лишь 10 %.

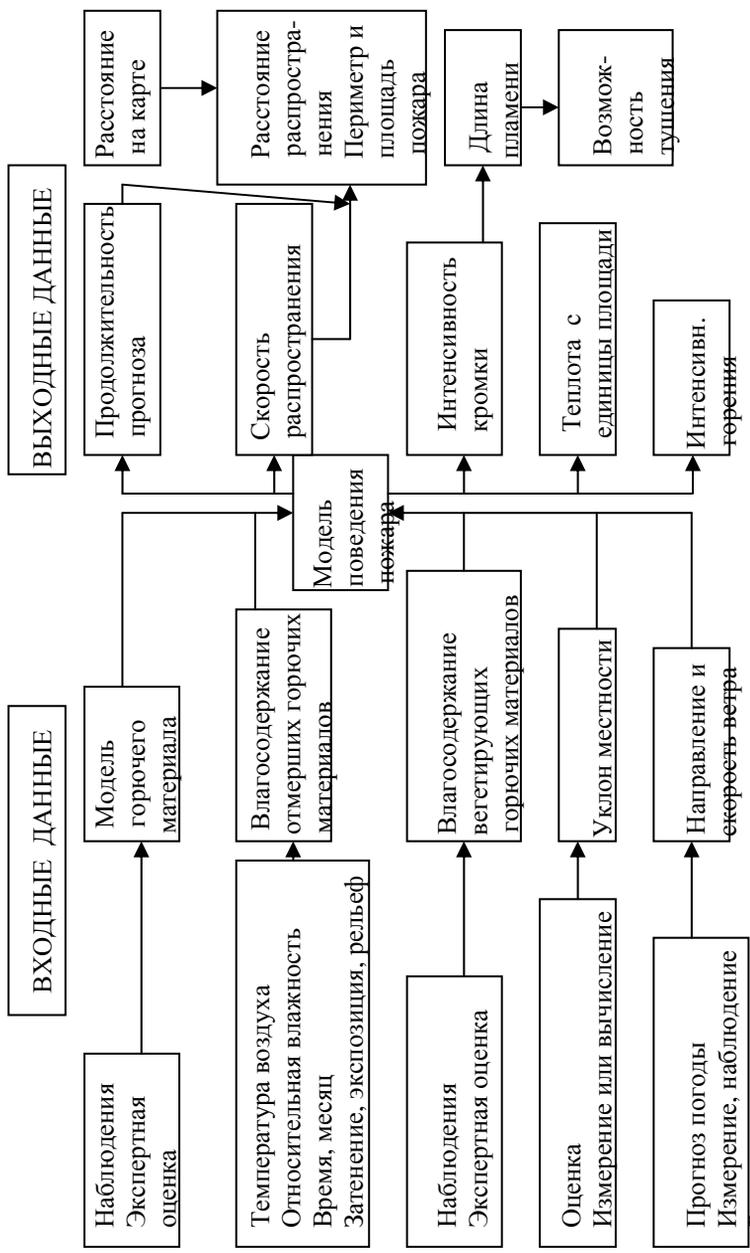


Рис. 3.1. Схема системы прогнозирования поведения пожара

Влагосодержание горючих материалов также является важным элементом в прогнозе поведения пожара. Измерять влагосодержание горючих материалов в полевых условиях сложно. В США были разработаны специальные таблицы для определения влагосодержания лесных горючих материалов, которые относятся, в основном, к отмершим горючим материалам. По температуре сухого термометра и относительной влажности воздуха определяется исходное влагосодержание отмерших горючих материалов. Затем в зависимости от экспозиции склона, сезона года и затененности, вводятся поправки.

При проведении контролируемых выжиганий также может быть использован метод приближенного определения влагосодержания проводников горения, предложенный в руководстве по контролируемым выжиганиям (Kilgore, Kurtis, 1987).

Одним из входных параметров при прогнозировании поведения пожара является скорость ветра на середине высоты пламени. Конвективные потоки, созданные самим пожаром, не учитываются. Скорость ветра измеряется при помощи ручного анемометра или другого измерительного устройства непосредственно на участке. Измерения необходимо проводить на достаточном расстоянии от пожара, чтобы исключить влияние конвективного подсоса воздуха при горении. Если невозможно ее измерить, целесообразно использовать прогноз скорости ветра на определенной высоте, например, на высоте 6 м (США). При этом скорость ветра на середине высоты пламени рассчитывается через переводной коэффициент. Горючие материалы в этом случае подразделяются на частично защищенные, полностью защищенные и полностью подверженные воздействию ветра. Так, для незащищенных от ветра горючих материалов, к которым относятся порубочные остатки на вырубках, переводной коэффициент равен 0,5.

На поведение пожара большое влияние оказывает рельеф местности. Влияние уклона местности на скорость распространения кромки может быть равносильно влиянию ветра. В модели используется уклон местности в градусах или процентах, определяющийся как отношение расстояния превышения к горизонталь-

ному расстоянию. Если для прогнозов поведения пожара используется топокарта местности, то по ней можно определить уклоны в процентах, учитывая масштаб карты.

Основой прогноза является модель распространения пожара Ротермела (Rothermel, 1972). Распространение пожара происходит за счет нагревания горючего материала до температуры воспламенения перед фронтом распространяющегося пожара. Этот принцип был изложен в работах ряда авторов (Thomas, 1963; Anderson, 1969; Frandsen, 1971).

Модель описывает поведение пожара в пламенной зоне. В ней оцениваются энергия, образующаяся при горении; теплопередача к горючему материалу перед фронтом горения и энергия, поглощаемая горючим материалом. При этом рассматриваются только проводники горения до 7 мм в диаметре. Горение более крупных горючих материалов продолжается и после прохождения пламенного фронта, но оно в модели не рассматривается.

Модель предназначена для описания пожара, устойчиво продвигающегося, независимо от источника воспламенения, по почвенным горючим материалам. Это слой горючих материалов от поверхности земли до высоты 1,8 м. Она не применима к подстилочным или торфяным, а также к верховым пожарам, когда огонь перебрасывается с дерева на дерево независимо от сопровождающего его низового пожара. Данная модель может указать момент, когда условия благоприятны для возникновения верхового пожара и образования пятнистых зажиганий.

Математическая модель, разработанная Ротермелом (Rothermel, 1972) и усовершенствованная Альбини (Albini, 1976а, 1976б) рассчитывает скорость, с которой пожар может распространяться по массиву однородных горючих материалов, состоящих из частиц разного размера. Модель может быть использована при расчетах по стандартным моделям горючих материалов или по их сочетанию.

Уравнение распространения пожара, разработанное Ротерме-

лом (Rothermel, 1972, 1983; Pyne et. al., 1996) имеет вид:

$$R = \frac{I_r \xi (1 + \varphi_w + \varphi_s)}{\rho_b \varepsilon Q_{ig}}$$

где R – скорость фронтального распространения пламенной кромки, м/мин; I_r – интенсивность реакции горения – скорость высвобождения энергии с единицы площади пламенного фронта в минуту (кДж/кв.м· мин); ξ – коэффициент теплового потока, учитывающий долю интенсивности реакции горения, которая идет на нагревание соседних горючих материалов до температуры воспламенения; φ_w – безразмерный множитель, который отвечает за влияние ветра в увеличении коэффициента теплового потока; φ_s – безразмерный множитель, учитывающий вклад уклона в увеличении коэффициента теплового потока; ρ_b – количество горючих материалов на кубический м слоя (кг/куб.м); ε – часть поверхности горючих материалов, которая нагревается до температуры воспламенения в момент начала пламенного горения; Q_{ig} – количество тепла, необходимое для воспламенения 1 кг горючих материалов (кДж/кг).

Тепловой поток I_0 , идущий на поддержание горения, представляет собой часть потока энергии, выделяющейся при горении: $I_0 = \xi I_R$. Интенсивность реакции горения I_R определяется скоростью выгорания горючего материала и его теплотворной способностью. Можно показать (Доррер, 1979), что $I_R l = R_0 h (w_n - w_k)$, где l – глубина зоны пламенного горения, h – теплотворная способность, $(w_n - w_k)$ – разница в запасе начального w_n и конечного w_k горючего материала, т. е. запас сгорающего горючего материала. Вводя продолжительность пламенного горения по формуле: $\tau_R = l / R_0$, получаем: $I_R = h (w_n - w_k) / \tau_R$. Когда горючий материал сгорает полностью, $w_k = 0$ и интенсивность реакции горения максимальна, тогда, $I_{R \max} = h w_n / \tau_R$. Степень сгорания определяется как $\eta_R = I_R / I_{R \max} = (w_n - w_k) / w_n$. Отсюда получаем следующую формулу для I_R : $I_R = h w_n \eta_R / \tau_R = h w_n r$, где $r = \eta_R / \tau_R$ – скорость сгорания. Скорость сгорания зависит от содержания влаги и минеральных веществ в горючем материале, от размеров частиц и плотности их располо-

жения в слое. Вводится понятие потенциальной скорости сгорания g' , которая наблюдалась бы в абсолютно сухом веществе, свободном от минерального вещества. Тогда $g = g' \eta_M \eta_S$, где η_M – коэффициент замедления скорости сгорания по влагосодержанию, а η_S – коэффициент замедления скорости сгорания из-за наличия минеральных веществ. Потенциальная скорость сгорания g' зависит только от геометрических характеристик слоя: удельной поверхности σ и коэффициента заполнения слоя β .

Выражение в знаменателе означает количество тепла, требуемое для нагрева горючего материала до температуры воспламенения. Теплота воспламенения Q_{ig} определяется из формулы: $Q_{ig} = 581 + 2594 M_f$, кДж/кг, где M_f – влагосодержание горючего материала.

Таким образом, уравнение показывает, что скорость, с которой распространяется пожар, представляет собой отношение количества тепла, полученного горючим материалом перед фронтом пожара, к количеству тепла, необходимого для его воспламенения. Только небольшая часть тепла, образованного при пламенном горении, достигает соседнего не воспламенившегося горючего материала. Наибольшая часть этого тепла поднимается вверх за счет конвекции или излучается в других направлениях.

Длина пламени, интенсивность реакции горения и количество тепла, выделяющегося с единицы площади – это характеристики интенсивности пожара, которые могут быть рассчитаны, используя уравнения Байрама (Byram, 1959), Андерсона (Anderson, 1969), Ротермела (Rothermel, 1972) с некоторыми поправками Альбини (Albini, 1976a).

При планировании контролируемых выжиганий была использована система ВЕНАВЕ. Она разработана для предсказания поведения пожара и моделирования горючего материала (Burgan, Rothermel, 1984; Burgan, 1987; Andrews, 1986a; Andrews, 1986b; Andrews, Bradshaw, 1990). Она состоит из двух подсистем: подсистемы моделирования горючих материалов, FUEL (горючий материал), и подсистемы прогнозирования поведения пожаров, BURN (горение). Схема системы приведена на рис. 3.2. Мы

адаптировали систему BEHAVE для прогнозирования поведения огня в лесорастительных и климатических условиях Сибири.

Подсистема FUEL предлагает системный метод построения моделей горючих материалов для специфических ситуаций. Эта подсистема содержит две программы: NEWMDL (новая модель) и TSTMDL (тест модели). Программа «новая модель» используется для начальной установки значений параметров модели горючих материалов. Затем, при помощи программы «тест модели», прогнозы поведения пожара анализируются с привлечением данной модели горючих материалов и различных условий окружающей среды. Значения параметров модели горючих материалов изменяются по мере необходимости.

Подсистема BURN используется для прогнозирования поведения пожара. Она включает программы FIRE1 (пожар1), FIRE2 (пожар2), и RXWINDOW (RXW). Основными модулями программы FIRE1 являются SITE, DIRECT, SIZE, CONTAIN и SPOT. Модули SITE и DIRECT предназначены для прогнозирования скорости распространения и интенсивности горения. Скорость распространения горения, выделение тепла на единицу площади, высота пламени, интенсивность кромки пожара, интенсивность реакции горения и направление движения фронта вычисляются в модуле DIRECT программы FIRE1. Входными данными являются влагосодержание и модель горючих материалов, уклон местности, скорость и направление распространения горения. Для расчета скорости распространения пожара используется математическая модель, разработанная Ротермелом и описанная выше.

Модуль SIZE рассчитывает площадь и периметр пожара, который начинается от точечного источника и имеет форму эллипса. Модуль CONTAIN устанавливает конечный размер пожара на основе заданных пользователем возможностей тушения, начального размера пожара и условий окружающей среды. А модуль CONTAIN способен оценивать необходимые силы тушения для локализации пожара, исходя из его размера. Модуль SPOT выдает максимальное расстояние от отдельно горящего дерева или кучи валежа до возможного возгорания за пределами вырубки.

Программа RXW используется для предсказания поведения пожара и моделирования горючих материалов. В ней определяются допустимые области поведения пожара и соответствующие комбинации влагосодержания горючих материалов и ветра. Например, если установить определенные границы изменения длины пламени, то программа рассчитает допустимые пределы влагосодержания для отмерших и живых горючих материалов, скорости ветра и направления. Можно также установить границы возможных скоростей распространения, интенсивности, последствий пожара, высоты нагара или процент отпада деревьев.

Пределы определяют область условий, при которых выжигание может быть проведено, например, для влагосодержания лесных горючих материалов от 6 до 12 %, скорости ветра от 3 до 5 м/с.

В рабочей таблице RXW имеются 4 раздела: ограничения поведения пожара, условия участка, ограничения условий среды и конфигурация итоговой таблицы. Область допустимых значений должна быть установлена, по крайней мере, для одного из семи переменных параметров поведения пожара. Предполагается, условия участка постоянны для площади, на которой производится выжигание.

СХЕМА СИСТЕМЫ BEHAVE

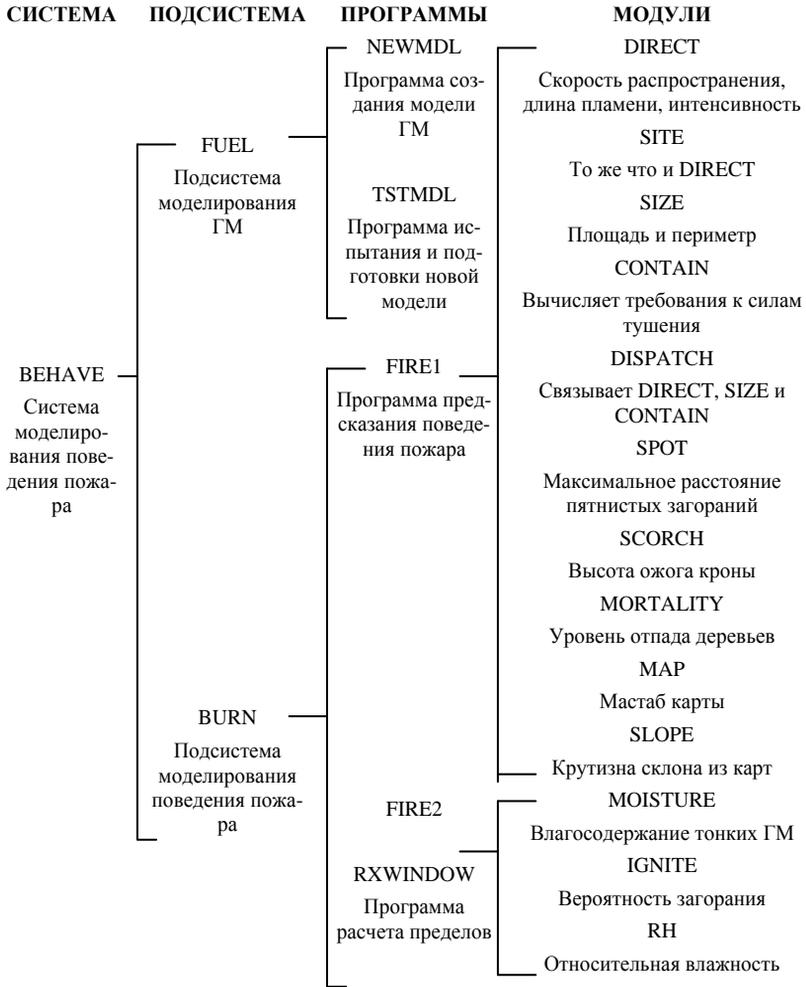


Рис. 3.2. Схема системы BEHAVE.

В программе RXW направление ветра по отношению к направлению склона устанавливается как снизу вверх, четверть снизу вверх, поперек, четверть вниз, или только вниз. Скорость ветра в FIRE1 определяется для середины высоты пламени. Скорость ветра на высоте 6 м, умноженная на коэффициент соответствия ветра дает скорость ветра на середине высоты пламени. Коэффициент соответствия ветра также определяется экспозицией горючих материалов к ветру.

Направление распространения пожара в RXW устанавливается как фронт, фланг или тыл. Направление фронта пожара вычисляется для каждой комбинации скорости ветра и его направления. Направления флангов и тыла пожара вычисляются, используя направление фронта пожара в качестве точки отсчета.

В программе RXW могут быть использованы либо стандартные топливные модели поведения пожара, либо статические собственные модели горючих материалов.

Для создания собственных моделей горючих материалов по программе NEWMDL входные данные собираются в полевых условиях и заполняются в стандартные формы. Используются 4 вида форм: для травянистых и кустарниковых горючих материалов, опада и порубочных остатков. Общий запас компонента (травы, кустарника, опада и порубочных остатков) определяется для горючих материалов с запаздыванием высыхания 1 час, 10 часов, 100 часов. Начальные оценки запаса горючих материалов основываются на том допущении, что рассматриваемый компонент покрывает 100 % территории. Для учета действительного запаса нужно вводить оценку процента территории, покрытой каждым компонентом горючего материала. В результате обработки данных программой NEWMDL получаем полную модель горючих материалов, которую тестируем программой TSTMDL для проверки характеристик поведения пожара и корректировки некоторых параметров.

Программа RXW, подобно другим программам системы VENAVE, работает в диалоговом режиме. Ниже приведен пример расчета для планирования предписанного выжигания на вырубке.

Была использована топливная модель горючих материалов № 12 (порубочные остатки). В табл. 3.1 приводятся пределы, при которых можно проводить предписанное выжигание.

Например, для получения длины пламени кромки фронта пожара от 1 до 2 м при влагосодержании горючих материалов 12 %, нужно проводить выжигание при скоростях ветра от 1,4 до 2,9 км/час. При этом направление ветра может быть любым (табл. 3.2).

Представленная система прогнозирования поведения контролируемого огня позволяет при планировании выжиганий определить пределы оптимальных условий их проведения для достижения поставленных целей.

3.3. Характеристика вырубок до выжигания

Контролируемые выжигания проводились в Большемуртинском и Усольском лесхозах Красноярского края, в темнохвойных лесах южной подзоны тайги в 1996–1999 гг. В табл. 3.3 приведена характеристика древостоев до рубки. Это пихтарники и ельники мелкотравно-зеленомошные. Древостои разновозрастные, высокополнотные, имеют вертикально сомкнутый полог, в наличии сухостойные деревья. Средний возраст древостоев – 160–180 лет. Запас древесины составил от 230 до 253 м³/га.

Разработка лесосек проводилась при помощи машин ЛП–9 в Большемуртинском лесхозе и ЛП–19 совместно с ЛП–18 в Усольском лесхозе, а также бензопилами. Рубки сплошные, осенне-зимние. Захламленность порубочными остатками – от 60 до 90 %, минерализация поверхности от 40 до 80 % от общей площади. Проектное покрытие живым напочвенным покровом – от 10 до 40 % площади, при увеличении давности рубки проективное покрытие возрастает до 70 %.

Таблица 3.1

Пределы контролируемых выжиганий (пример расчета)

Входные данные	Пределы
Ограничения поведения пожара	
1 – скорость распространения, м/мин	Не ограничен
2 – теплота на ед. пл., кдж/кв.м	Не ограничен
3 – интенсивность кромки, квт/м	Не ограничен
4 – высота пламени, м	От 1,0 до 2,0
5 – интенсивность реакции, квт/кв.м	Не ограничен
6 – высота нагара	Не ограничен
7 – отпад деревьев	Не ограничен
Условия участка	
8 – модель горючих материалов	12 – порубочные отатки
9 – экспозиция горючих материалов ветру (коэффициент ветра – 0,30)	Открыт частично
10 – крутизна склона, %	5,0
11 – 100 ч влагосодержание = 10 ч влагосодержание + 5%	
15 – 1 ч влагосодержание, %	От 4,0 до 24,0
16 – 10 ч влагосодержание, %	Не ограничен
Ограничения условий среды	
19 – ветер на высоте 6 м, км/ч	От 2,0 до 10,0
20 – ветер на середине высоты пламени, км/ч	Не ограничен
21 – направление ветра	Не ограничен
22 – кромка пожара	Фронт
Выходные данные	
23 - переменная поведения пожара	Высота пламени, м
24 – влагосодержание отмерших горючих материалов	1 ч влагосодержание, %
25 – влагосодержание живых горючих материалов	Нет данных для модели 12
Ограниченная скорость ветра	От 2,0 до 10,0 км/ч
Скорость ветра на середине высоты пламени	От 0,6 до 3,4 км/ч
Длина пламени	От 1,0 до 2,0 м
Интенсивность кромки	От 257,9 до 1160,7 квт/м

Таблица 3.2

Поведение пожара в пределах предписанных ограничений для «фронта пожара»

Влагосодержание отжиганных горючих материалов,	Параметры	Скорость ветра на высоте 6 м					
		Скорость ветра на середине пламени, км/ч					
		<u>1,6</u> 0,5	<u>3,2</u> 1,0	<u>4,8</u> 1,4	<u>6,4</u> 1,9	<u>8,0</u> 2,4	<u>9,7</u> 2,9
4	Направлен- ные ветра	Любое	Любое	Любое	Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м	До 1	До 1	До 2	До 2	До 2	До 2
5	Направлен- ные ветра	Любое	Любое	Любое	Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м	До 1	До 1	До 2	До 2	До 2	До 2
6	Направлен- ные ветра	Вниз по склону чет- верть вниз	Любое	Любое	Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м	До 1	До 1	До 1	До 2	До 2	До 2
7	Направлен- ные ветра		Любое	Любое	Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м		До 1	До 1	До 1	До 2	До 2
8	Направлен- ные ветра		Любое	Любое	Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м		До 1	До 1	До 1	До 2	До 2
9	Направлен- ные ветра		Любое	Любое	Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м		До 1	До 1	До 1	До 1	До 2
10	Направлен- ные ветра		Любое	Любое	Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м		До 1	До 1	До 1	До 1	До 2
11	Направлен- ные ветра			Любое	Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м			До 1	До 1	До 1	До 1

12	Направление ветра			Любое	Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м			До 1	До 1	До 1	До 1
13	Направление ветра			Любое	Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м			До 1	До 1	До 1	До 1
14	Направление ветра				Любое	Любое	Любое
	Длина пламени, м				До 1	До 1	До 1
15	Направление ветра					Вверх по склону, четверть вниз	Любое
	Длина пламени, м					До 1	До 1

Особенностью лесосек, разработанных комплектом машин ЛП–19 совместно с ЛП–18, является наличие четко выраженных волоков с незначительной захламленностью древесными отходами. При разработке лесосек машинами ЛП–49 порубочные остатки более равномерно распределяются по площади вырубок, за исключением участков со средне- и сильноминерализованной поверхностью, где захламленность древесными отходами практически отсутствует. Большое количество порубочных остатков сосредоточено на разделочных площадках, где они собраны в кучи.

Мы проанализировали сохранность хвойного подроста на вырубках перед контролируемыми выжиганиями. В табл. 3.4 показано состояние подроста хвойных пород до и после рубки, перед выжиганием. Количество подроста до рубки составляло от 3 до 10 тыс. шт./га; сохранность его после рубки – от 5 до 40 %. При удалении полога древостоя и изменении микроклиматических условий начинается массовое усыхание хвойного подроста (Фото 3). Уже в первый год после вырубки здоровый подрост составил от 5 до 25 % от сохранившегося после рубки. Такое количество жизне-

способного подроста не может обеспечить лесовосстановление вырубки хвойными породами и в последующие годы наблюдается дальнейший отпад и усиление конкуренции со стороны травяно-кустарникового яруса.

В подзоне южной тайги в темнохвойных лесах, где проводились выжигания, преобладают вейниково-осочковые, вейниково-разнотравные и осочково-разнотравные типы вырубок. Очень часто в пихтовых и еловых лесах формируются вейниковые и вейниково-кипрейные вырубки, переходящие затем в вырубки вейниково-малинникового типа, которые возобновляются, в большинстве случаев, неудовлетворительно (Огиевский, 1966).

Все вейниковые вырубки относятся к трудно возобновляемым хвойными древесными породами и являются первоочередным объектом лесокультурного фонда. Общими признаками, сближающими их типологическое разнообразие, являются: а) сильное задернение поверхности почвы; б) длительный период возобновления хвойных; в) четко выражена длительная смена пород (Корконосова, Кожухов, 1972). После стихийных пожаров в этом регионе большинство типов вырубок преобразуются в паловые кипрейные, которые более благоприятны для естественного лесовозобновления.

В районе работ (Предивинский ЛПХ), более влажном по климатическим условиям (Западный макросклон Енисейского кряжа), как на паловых после стихийных пожаров, так и беспаловых типах вырубок, в напочвенном покрове доминирует вейник тупоколосковый (*Calamagrostis obtusata*), который является сильным задернителем. Возобновление хвойных на таких вырубках затруднено. Формирование структуры и запасов горючих материалов на вырубках отличается от их формирования под пологом леса. Тяжелая агрегатная техника, применяемая на лесозаготовках, вызывает уплотнение и минерализацию почвы, повреждает подрост и тонкомер, увеличивает захламленность.

Таблица 3.3

Характеристика древостоев до рубки (Большемуртинский и Усольский лесхозы)

№ экспериментального выжигания	№ квартала	Местоположение, рельеф	Тип леса	Состав древостоя	Полнота
1/97	Кв. 10	Нижняя часть склона с уклоном на юг до 3°	Пихтарник мелкостволово-зеленомошный	3П2Е2Лц1К2Ос+Б	0,8
2/97	Кв. 10	Распадок в долине ручья. Нижние части С и Ю склонов	Пихтарник мелкостволово-зеленомошный	3П3Лц2С2Е	0,8
3/97	Кв. 10	Верхняя часть Ю склона до 5°	Пихтарник мелкостволово-зеленомошный	3П3Лц2Е1С1Ос	1,0
4/97	Кв. 17	Верхняя часть склона южной экспозиции	Пихтарник мелкостволово-осочково-зеленомошный	Г 5П3Е1Лц1Б II 5П5Е	0,7
5/97	Кв. 17	Верхняя часть склона СЗ экспозиции до 3°	Пихтарник мелкостволово-осочково-зеленомошный	5П1Е1С1Лц2Ос	0,9
6/97	Кв. 17	Нижняя часть склона с уклоном на ЮВ до 3°	Пихтарник мелкостволово-зеленомошный	Г7П1Е1Лц1Ос II 10П	0,9
7/97	Кв. 83	Склон северной экспозиции, нижняя часть	Пихтарник мелкостволово-зеленомошный	6П2Е1К1Лц	0,9
8/97	Кв. 83	Плакор	Пихтарник мелкостволово-зеленомошный	5П2К2Е1Лц	1,0
9/97	Кв. 83	Плакор	Пихтарник мелкостволово-зеленомошный	6П2Е2Лц	1,0
2/99	Кв. 27	Плакор	Пихтарник-зеленомошно-разнотравный	6П1К1Е1Б1Ос	0,8
3/99	Кв. 61	Плакор	Пихтарник зеленомошно-осочковый	5П3Е1К1БедЛц	0,7
4/99	Кв. 116	Южный склон, 2°	Пихтарник разнотравно-осочковый	4П2Е2С2Б+Ос	0,7
5/99	Кв. 137	Плакор	Пихтарник разнотравно-осочковый	5П2Е2С1Ос+К+Лц	0,6
6/99	Кв. 137	Южный склон до 2°	Пихтарник разнотравно-осочковый	5П2Е2С1Ос+К+Лц	0,6
7/99	Кв. 57	Плакор	Пихтарник разнотравно-зеленомошный	7П2Е1К	0,8

В свою очередь захламленность вырубок порубочными остатками повышает их пожароопасность (Фото 4). Большое количество порубочных остатков притеняет почву и, тем самым, задерживает высыхание подстилки, которая предохраняет почву от высоких температур пожара. Но, в то же время, большие запасы горючих материалов на вырубках создают предпосылки для возникновения высокоинтенсивных лесных пожаров в течение всего сезона. И даже обилие зеленой растительности не препятствует возникновению и распространению пожаров на вырубках (Фото 5–6).

В табл. 3.5 приведены запасы напочвенных горючих материалов (опад, подстилка) и порубочных остатков. На отдельных вырубках захламленность достигает $215 \text{ м}^3/\text{га}$. Структура напочвенных горючих материалов приведена в табл. 3.6. Значительную часть составляют мелкие горючие материалы, что создает повышенную пожарную опасность, так как они быстрее высыхают и загораются в первую очередь. Кроме того, полнота их сгорания достигает в отдельных случаях 98 %.

Характер распределения запасов горючих материалов по элементам вырубки приведен в табл. 3.7. Приведены данные по вырубке 6/97, где разработка велась машиной ЛП–49. Основное количество мелких горючих материалов сосредоточено на разделочной площадке и на пасеке, что вполне закономерно, так как все технологические операции по валке и формированию пачки проводятся на пасеке и разделочных площадках. По волокам проводится в основном трелевка, и они сильно минерализованы.

Захламленность вырубок крупными порубочными остатками (более 7 см) и валежом составила от 83 до $232 \text{ м}^3/\text{га}$. Это согласуется с ранее опубликованными данными о захламленности лесосек в темнохвойных южнотаежных лесах (Цветков, Иванов, 1985). Наиболее высокая захламленность фиксировалась на вырубках, где применялась техника ЛП–49.

Таблица 3.4

Состояние сохранявшегося хвойного подростка на вырубках

№ участка	Год рубки	Тип машины	Технология	Характеристика подростка до рубки			Характеристика подростка после рубки					
				Состав	Количество, тыс. шт./га	Возраст	Высота	Состав	Количество, тыс. шт./га	Жизненное состояние, %	Здоровый	
1/97	Весна 1997	ЛП-49	Сплошная	10П	3	40	3	10П	1,0	10	75	15
2/97	Зима 1997	ЛП-49	Сплошная	9ПЕ	3	30	2,5	10П	1,3	15	60	25
3/97	Зима 1997	ЛП-49	Сплошная	10П	3	40	3	10П	0,9	20	70	10
4/97	Зима 1997	ЛП-49	Сплошная	8П2Е	5	35	3	10П	2,5	70	20	10
5/97	Зима 1997	ЛП-49	Сплошная	8П1Е/К	3	40	3	10П	0,8	70	25	5
6/97	Весна 1997	ЛП-49	Сплошная	9П1Е	10	35	2,5	10П	1,3	35	60	5
2/99	Зима 1999	ЛП-49	Сплошная	8П2Е	4	20	1	8П2Е	2,5	80	10	10
3/99	Зима 1999	ЛП-49 ЛП18	Сплошная	6П2Е/Лц/Б	8	30	2	7П2Е/Лц	6,0	10	10	80
4/99	Зима 1999	ЛП-49	Сплошная	10П	4	25	2,2	10П	0,2	50	20	30
5/99	Зима 1999	ЛП-49	Сплошная	10П	3	20	1,5	10П	2,0	80	10	10
6/99	Зима 1999	ЛП-49	Сплошная	10П	3	30	3,0	10П	2,0	80	10	10
7/99	Зима 1999	ЛП-49	Сплошная	6П4Е	4,5	30	3,0	5П5Е	2,8	50	20	30

Таким образом, состояние вырубок можно охарактеризовать как высокопожароопасное и не обеспеченное хвойными породами для дальнейшего облесения. Процесс лесовосстановления данных вырубок может растянуться на многие десятилетия. Поэтому проведение контролируемых выжиганий на вырубках с целью их очистки от порубочных остатков вполне оправдано и необходимо. Это значительно улучшает условия для лесовосстановления.

3.4. Опытно-производственные выжигания

Во всех случаях выжигания проводили на осенне-зимних вырубках 1996–1999 гг. Это, во-первых, связано с тем, что на зимних вырубках порубочных остатков на 40 % больше, чем на летних. Во-вторых, порубочные остатки более равномерно распределены на участке, не утрамбованы и не перемешаны с грунтом и в этом случае происходит наиболее полное их сгорание. В третьих, не нарушается слой подстилки и под прикрытием мелких порубочных остатков он всегда остается сырым. При горении сырая подстилка предохраняет почву от воздействия высоких температур.

С целью как можно полнее выжечь порубочные остатки, необходимо разными способами поддержать высокую интенсивность горения. Вместе с тем, высокая интенсивность горения возможна лишь при больших значениях комплексного показателя, соответствующих III и IV классам пожарной опасности. В этих условиях трудно сдерживать распространение огня в определенных границах. Поэтому мы всегда должны искать оптимальные условия, когда проведение выжигания не потребует больших финансовых затрат на противопожарные работы и, в то же время, обеспечит приемлемый процент утилизации остатков. Затраты на выжигание вырубки увеличиваются пропорционально количеству участков, ее окружающих, где пожарная зрелость наступает одновременно с вырубкой. Полноту утилизации порубочных остатков мы можем увеличить за счет повышения интенсивности горения, применяя различные технологии выжигания.

Таблица 3.5

Запасы порубочных остатков на вырубках до и после пожара

Номер экспертно-контролируемого выжигания	Запас напочвенных горючих материалов, т/га	Запас порубочных остатков, м ³ /га			Полнота сторания порубочных остатков, %	
		Диаметром до 7 см	Диаметром более 7 см	Всего	Диаметром до 7 см	Диаметром более 7 см
1/97	19,6	23,9	191,1	215	83	48
2/97	7,6	21,9	99,1	121	59	30
3/97	10,4	26,4	205,6	232	79	39
4/97	16,9	9,0	103	112	36	44
5/97	17,1	8,5	147,5	156	38	43
6/97	16,9	24,9	129,1	154	73	36
7/97	18,4	12,7	124,3	137	45	30
8/97	28,3	27,4	55,6	83	50	28
9/97	28,1	20,5	112,5	133	42	36
2/99	9,4	52,2	86,7	138,9	85	45
3/99	-	82,8	117	200	98	83
4/99	11,2	75,2	75,8	151	45,5	37,4
5/99	12,3	58,5	66,8	125,3	72,6	39,2
6/99	9,1	18,8	54,6	73,4	95	85
7/99	12,45	86,7	60	146,7	75,4	32,8

Таблица 3.6

Структура и запасы лесных горючих материалов на вырубках

Выруб- ка, №	Запасы напочвенных горючих материалов, г/м ²						Итого
	Опад	Под- стилка	Веточки			Зеленая масса	
			до 0,7 см	> 0,7 см	> 2 см		
1/97	859,1	1039,6	531,2	748,5	154	58,4	3390,8
2/97	316	370,4	674,8	636	-	70,4	2067,6
3/97	532,3	484,8	571,2	531	475,5	21,2	2616
4/97	125,8	1313,6	240	299,4	-	252	2230,8
5/97	567	893,2	251,2	263	-	252,8	2227,2
6/97	96,8	1413,5	444,2	369,1	683,9	175,3	3182,8
7/97	224,1	1436,4	205,5	60	494	175,6	2595,6
8/97	1132,1	1655,6	507,2	513,5	616	42,4	4466,8
9/97	682,9	2067	507,2	363,3	357	61	4038,4

Таблица 3.7

**Соотношение запасов горючих материалов по элементам вырубки,
г/м² (вырубка 6/97)**

Площадка	Опад	Веточки			Итого
		до 0,7 см	0,7-2,0 см	> 2 см	
На разделочной площадке	717	865	433	845	2860
На пасеке	800	845	497	522	2664
На волоке	138	45	177	-	360

Цель наших выжиганий – найти оптимальные технологии, обеспечивающие решение поставленных задач.

В табл. 3.8 приведена характеристика метеорологической ситуации, в табл. 3.9 – комплексного показателя и класса пожарной опасности на время проведения контролируемых выжиганий. Ниже, в качестве примеров, приведено описание выжиганий на вырубках при разных условиях среды. Выжигания проводились в течение 1997 и 1999 гг. в разное время суток и разные периоды пожароопасного сезона.

Выжигание 1/97

Предивинское лесничество Большемуртинского лесхоза. Квартал 10.

Метеоданные на время проведения выжигания

№ контролируемого выжигания	Дата	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Направление ветра	Скорость ветра, м/сек
1/97	23.06	27	38	Ю	2
2/97	24.06	26	34	З	2,7
3/97	25.06	23	58	0	0
4/97	26.06	22	60	0	0
5/97	26.06	22	73	СВ	3
6/97	26.06	22	80	СВ	2
7/97	19.07	22	48	З	2
8/97	20.07	23	58	СВ	2,5
2/99	27.06	20	49	ЮЗ	3
3/99	30.08	19	40	Ю	2
4/99	01.09	15	55	0	0
5/99	02.09	15	55	0	0
6/99	02.09	9	50	0	0
7/99	10.09	15	60	0	0

Вырубка в нижней части склона южной экспозиции, уклон 3°. Площадь 50 га. Вырубка разделена лесовозным усом на два участка.

Насаждение до рубки: тип леса – пихтарник мелкотравно-зеленомошный, состав 3П2Е2Лц1К2Ос+Б, полнота – 0,8.

Подрост: до рубки 10П (40), высота 3 м, 3 тыс. шт./га; после рубки – 10П, 1000 шт./га, из них: здоровый – 15 %, сомнительный – 75 %, усохший – 10 % .

Рубка сплошная, зимняя 1996/97 гг., с применением ЛП– 49.

Горючие материалы, порубочные остатки + комплекс напочвенных лесных горючих материалов, оставшиеся после рубки древостоя: запас – 215 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 3 %, на разделочных площадках – 40 %, на пасеках – 57 %.

Начало зажигания – 20:00.

Погодные условия: температура воздуха – 27°С, относительная влажность воздуха – 38 %, ветер Ю – 0,2 м/с, комплексный пока-

затель засухи составлял (КП) – 1651 ед., класс пожарной опасности (КПО) – III.

Метод выжигания – сплошной пал.

Способ зажигания – линейный + точечный (Фото 7–8).

Тактика выжигания (рис. 3.3). Вначале зажгли отдельные кучи порубочных остатков с подветренной стороны первого участка (1–3). Затем, с целью усиления интенсивности горения зажгли горючие материалы по линиям перпендикулярно центральной лесовозной дороги (4–7), а также с наветренной стороны участка (8). После формирования дымовой колонки, были зажжены скопления порубочных остатков на разделочных площадках вдоль западной лесовозной дороги.

Сдерживание огня осуществлялось тремя рабочими с РЛЮ на двух очагах горения на примыкающем участке, образовавшихся в результате переброса горящих частиц с подветренной стороны вырубki. Выгоревшая площадь составила около 10 м².

Локализация очагов горения на участке не проводилась в связи с полным прекращением пламенного горения. Окончание пламенного горения на первом участке – 3:00.

Окарауливание осуществляли два рабочих леспромхоза с трактором ТЛП – 4. Эти работы заключались в регулярном патрулировании по периметру участка и ликвидации тлеющих очагов.

Непредвиденные обстоятельства. В 5:00 24-го июня внезапно возник западный ветер скоростью до 15 м/с. Почти во всех тлеющих очагах возобновилось пламенное горение. Произошел массовый переброс горящих углей на II участок. Чтобы удержать распространение огня в пределах вырубki, зажгли скопления порубочных остатков, расположенных вдоль восточной лесовозной дороги (10) навстречу распространяющемуся пожару. К 8:00 скорость ветра уже не превышала 3–4 м/с, что позволило локализовать возникшие очаги за пределами вырубki и предотвратить распространение огня на соседние участки. В течение всего следующего дня (24 июня) на I и II участках продолжали тлеть отдельные сухие валежины.

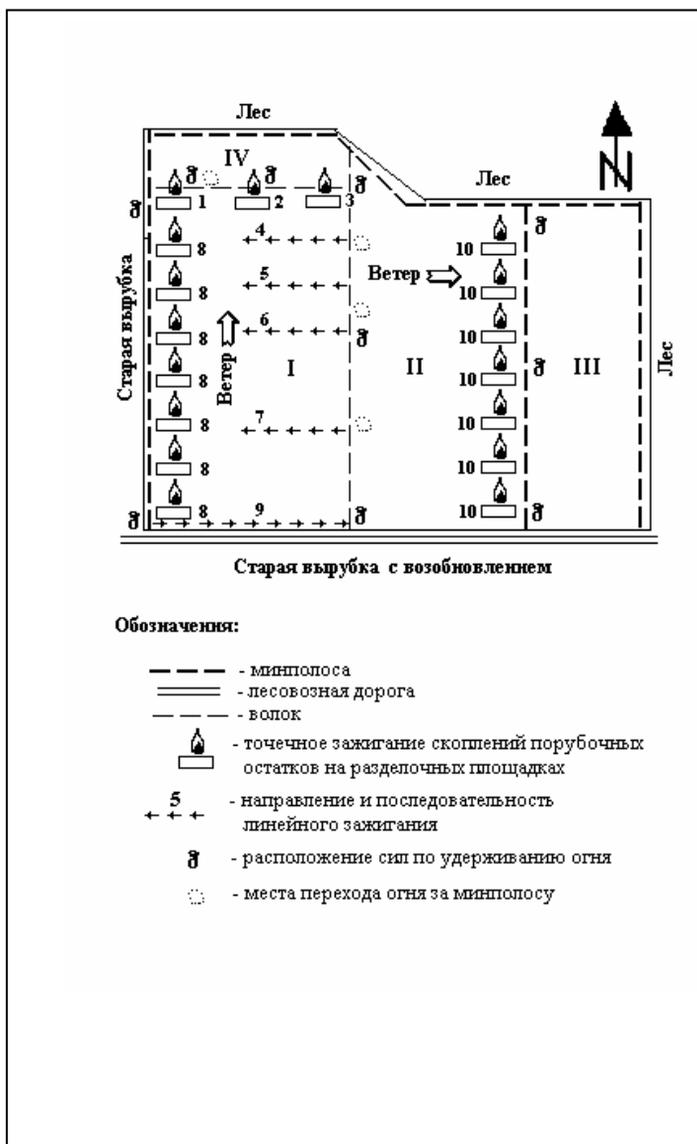


Рис 3.3. Схема проведения выжигания 1/97.

На окарауливание вплоть до окончания тления несгоревших горючих материалов, как и ранее, был оставлен трактор ТЛП-4 с двумя рабочими.

В результате выжигания площадь вырубki была полностью пройдена огнем. При этом полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см составила – 83 %, а крупных порубочных остатков и валежа – 48 %.

Выжигание 2/97

Предивинское лесничество Большемуртинского лесхоза. Квартал 10.

Вырубка в нижних частях северного и южного склонов, разделенных долиной ручья. Площадь 28 га. Вырубка разделена на 4 участка. Три куртины жизнеспособного хвойного молодняка были окольцованы минполосами.

Насажение до рубки: тип леса – пихтарник мелкотравно-зеленомошный, состав 3ПЗЛц2С2Е, полнота 0,8.

Подрост: до рубки – 9П1Е (30), высота 2,5 м, 3 тыс.шт./га; после рубки – 10П, 1300 шт./га, из них здоровый – 25 %, сомнительный – 60 %, усохший – 15 %.

Рубка сплошная зимняя 1996/97 гг., с применением ЛП-49.

Горючие материалы: запас – 121 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 4 %, на разделочных площадках – 40 %, на пасаках – 46 %.

Начало зажигания – первого этапа – 24:00 23 июня, второго этапа – 14:00 24 июня.

Погодные условия: температура воздуха – 20°C, относительная влажность воздуха – 34 %, ветер ЮЗ – 3 м/с, КП – 2012 ед., КПО – IV.

Метод выжигания – поэтапный.

Способ зажигания – точечный + линейный.

Тактика выжигания (рис. 3.4). Пробные зажигания показали, что, вследствие большого количества вегетирующих трав, огонь очень медленно распространяется по вырубке и порубочные остатки до 7 см в диаметре сгорают лишь на 40–50 %. В связи с этим

было принято решение провести выжигание в два приема. В начале с 21:00 до 2:00 была выжжена полоса вдоль подветренной стороны вырубki – участок I.

Выжигание II, III и IV участков проводили с 14:00 следующего дня. Первая линия зажигания проходила вдоль ранее выжженного участка. Следующие линии – по местам скопления горючих материалов вдоль лесовозных усов.

Площадь, пройденная огнем, составила 45 % от площади вырубki. Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см – 59 %, более 7 см – 30 %.

Локализация очагов горения на участке не проводилась в связи с полным прекращением пламенного горения из-за обилия зеленой массы трав.

Окарауливание осуществляли два рабочих леспромхоза с трактором ТЛП-4. Эти работы заключались в регулярном патрулировании по периметру участка и ликвидации очагов горения.

Поэтапный метод выжигания позволил без больших усилий обеспечить безопасность работ при выжигании на всей вырубке.

Выжигание 3/97

Предивинское лесничество Большемуртинского лесхоза. Квартал 10.

Вырубка на южном склоне с уклоном 5°. Площадь 35 га. В верхней части склона вырубка граничит с древостоем из осины, с остальных трех сторон ее окружает темнохвойный лес. У подножия леса проходит ручей с заболоченной поймой. Лесовозными дорогами вырубка разделена на три части. У восточной и северной границ вырубki были проложены минполосы. Это самые благоприятные условия для выжигания.

Насаждеие до рубки: тип леса – пихтарник мелкотравно-зеленомошный, состав 3ПЗЛц2Е1С1Ос, полнота – 1,0.

Подрост: до рубки – 10П (40), высота 3 м, 3000 шт./га; после рубки – 10П, 900 шт./га, из них: здоровый – 10 %, сомнительный – 70 %, усохший – 20 %.

Рубка сплошная, зимы 1996/97 гг., ЛП-49.



Рис. 3.4. Схема проведения выжигания 2/97.

Горючие материалы: запас – 232 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 5 %, на разделочных площадках – 30 %, на пасаках – 65 %.

Начало зажигания – 12:00 25 июня.

Погодные условия: температура воздуха – 23°C, относительная влажность воздуха – 58 %, ветер – штиль, КП – 2169 ед., КПО – IV.

Метод выжигания – сплошной пал.

Способ зажигания – кольцевой.

Тактика выжигания (рис. 3.5). Из-за большого количества зеленой массы трав, необходимо было повысить интенсивность горения. Для этого в середине первого участка зажгли несколько куч ЛГМ, а затем, двигаясь по окружности на расстоянии 20–30 м от очага, в центре зажигали порубочные остатки. Благодаря такой тактике в центре участка образовалась конвекционная колонка, и все очаги, на ее периферии, распространялись к ней. Тяга воздуха к конвекционной колонке ощущалась с расстояния до 200 м. При таком режиме горения переброс горящих углей на соседние участки не происходит, и это позволило без больших усилий выжечь всю вырубку.

Пламенное горение на вырубке продолжалось до 22:00.

Работы по сдерживанию огня и локализации очагов горения не проводились, т. к. в них не было потребности.

На окарауливание было выделено 2 рабочих леспромхоза.

Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см – 79 %, более 7 см – 39 %.

Выжигание 4/97

Предивинское лесничество Большемуртинского лесхоза. Квартал 17.

Вырубка в верхней части склона южной экспозиции с уклоном до 5°. Площадь 35 га. Вырубка разделена поймой ручья и лесовозными дорогами на три участка. С трех сторон (южной, северной и восточной) были проложены минполосы.

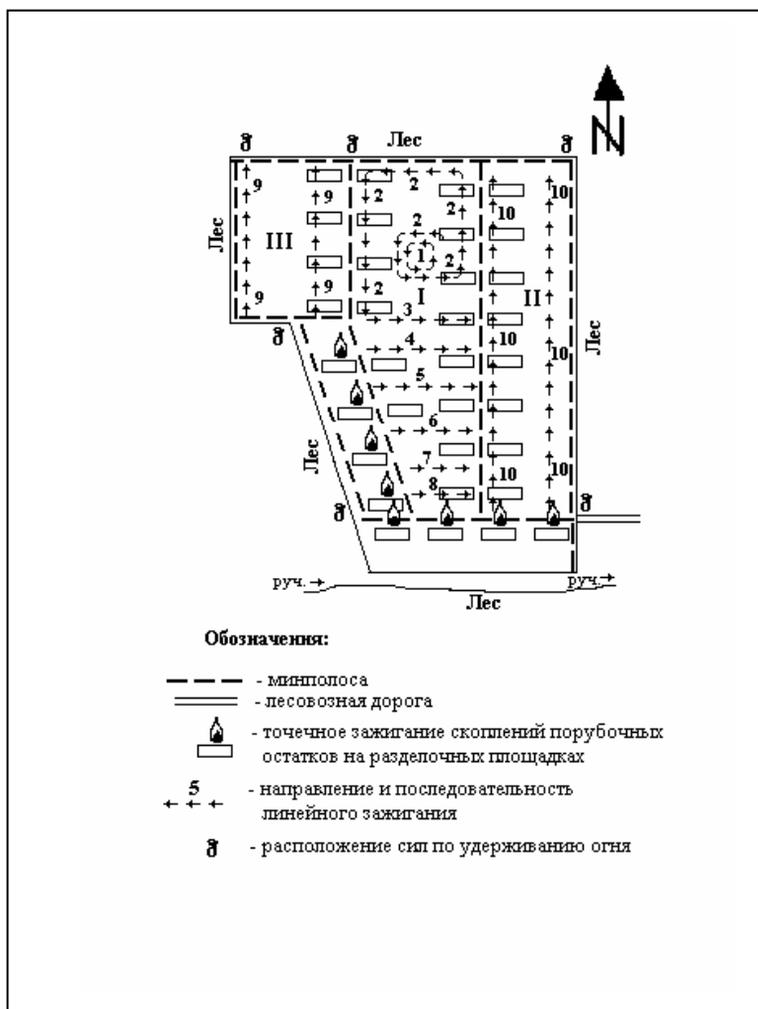


Рис. 3.5. Схема проведения выжигания 3/97.

Насаждение до рубки: тип леса – пихтарник мелкотравно-осочкого-зеленомошный, состав I яруса 5ПЗЕ1Лц1Б, II яруса 5П5Е, полнота – 0,7.

Подрост: до рубки – 8П2Е (35), высота 3 м, 5000 шт./га; после рубки – 10П, 2500 шт./га, из них: здоровый – 10 %, сомнительный – 20 %, усохший – 70 %.

Рубка сплошная, зимы 1996/97 гг., ЛП–49.

Горючие материалы: запас – 112 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 2 %, на разделочных площадках – 20 %, на пасаках – 78 %.

Начало зажигания – 11:00 26 июня.

Погодные условия: температура воздуха – 22°С, относительная влажность воздуха – 60 %, ветер С – 1 м/с, КП – 2365 ед., КПО – IV.

Метод выжигания – сплошной пал.

Способ зажигания - точечный + линейный.

Тактика выжигания (рис. 3.6). Надежная изоляция вырубки от соседних участков и благоприятные метеоусловия позволили применить метод сплошного пала и провести работы без больших затрат сил и средств. В сдерживании огня и локализации горения не было необходимости.

Окарауливание осуществляли три рабочих леспромхоза с трактором ТЛП–4. Эти работы заключались в регулярном патрулировании по периметру участка, ликвидации очагов горения от переброса углей и уборке сухостойный деревьев вблизи границы вырубки.

Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см – 36 %, более 7 см – 44 %.

Выжигание 5/97

Предивинское лесничество Большемурутинского лесхоза. Квартал 17.

Вырубка в верхней части склона северо-западной экспозиции, с уклоном 3°. Площадь 50 га. Вырубка разделена заболоченной поймой ручья на два равных участка. Перед выжиганием в ее се-

верной части по верху склона была проложена дополнительная минполоса.

Насаждение до рубки: тип леса – пихтарник мелкотравно-осочково-зеленомошный, состав 5П1Е1С1Лц2Ос, полнота – 0,9.

Подрост: до рубки – 8П1Е1К (40), высота 3 м, 3000 шт./га; после рубки – 10П, 800 шт./га, из них: здоровый – 5 %, сомнительный – 25 %, усохший – 70 %.

Рубка сплошная, зимы 1996/97 гг., ЛП–49.

Горючие материалы: запас – 156 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 2 %, на разделочных площадках – 23 %, на пасаках – 75 %.

Начало зажигания – 14:00 26 июня.

Погодные условия: температура воздуха – 22°C, относительная влажность воздуха – 73 %, ветер СВ – 3 м/с, порывами до 5 м/с, КП – 2365 ед., КПО – IV.

Метод выжигания – сплошной пал на участках по 5 га.

Способ зажигания – линейный.

Тактика выжигания (рис. 3.7). Выжигание проводили в сложной метеорологической обстановке, когда порывы ветра достигали 5 м/с (Фото 9–10). В этих условиях первая линия зажигания на первом участке была проложена в нижней части склона. После образования сплошной кромки горения, распространяющейся вверх по склону против ветра, были зажжены горючие материалы последовательно по линиям 2, 3, 4. По мере ускорения продвижения кромки горения на участке I вверх по склону, сформировалась мощная дымовая колонка с сильным подсосом воздуха в приземном слое. Поэтому на участке II была проведена линия зажигания по западной стороне вырубki. Когда зажигания на первом и втором участках были закончены, при осмотре III участка (на противоположном склоне) обнаружено несколько очагов горения, возникших от переброса горящих частиц. Для локализации горения вдоль минполосы в верхней части третьего участка было проведено зажигание порубочных остатков на разделочных площадках. По мере сгорания общая интенсивность горения на участке несколько снизилась. Против ветра огонь распространялся медлен-

но. Чтобы ускорить выжигание участка, зажгли линию вдоль ручья.

В связи с большой площадью вырубki и сложным рельефом окарауливание осуществляли пять рабочих леспромхоза.

Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см – 38 %, более 7 см – 43 %.

Выжигание 6/97

Предивинское лесничество Большемуртинского лесхоза. Квартал 17.

Вырубка в нижней части склона юго-восточной экспозиции с уклоном 3°. Площадь 20 га.

Насаждеие до рубки: тип леса – пихтарник мелкотравно-зеленомошный, состав I яруса 7П1Е1Лц1Ос, II яруса 10П, полнота – 0,9.

Подрост: до рубки – 9П1Е (35), высота 2,5 м, 10000 шт./га; после рубки – 10П, 1300 шт./га, из них: здоровый – 5 %, сомнительный – 60 %, усохший – 35 %.

Рубка сплошная, зимы 1996/97 гг., ЛП–49.

Горючие материалы: запас – 154 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 0 %, на разделочных площадках – 15 %, на пасаках – 85 %.

Начало зажигания – 19:00 26 июня.

Погодные условия: температура воздуха – 22°C, относительная влажность воздуха – 80 %, ветер СВ – 2 м/с, КП – 2365 ед., КПО – IV.

Метод выжигания – сплошной пал.

Способ зажигания – линейный + точечный.

Тактика выжигания (рис. 3.8). Зажигание проводили по линиям с трех сторон вдоль границы вырубki. Для усиления интенсивности горения зажгли порубочные остатки на разделочных площадках, расположенных вдоль центральной лесовозной дороги. Затем зажгли по линии вдоль поймы ручья по южной границе вырубki. Пламенное горение на участке продолжалось до 6:00.

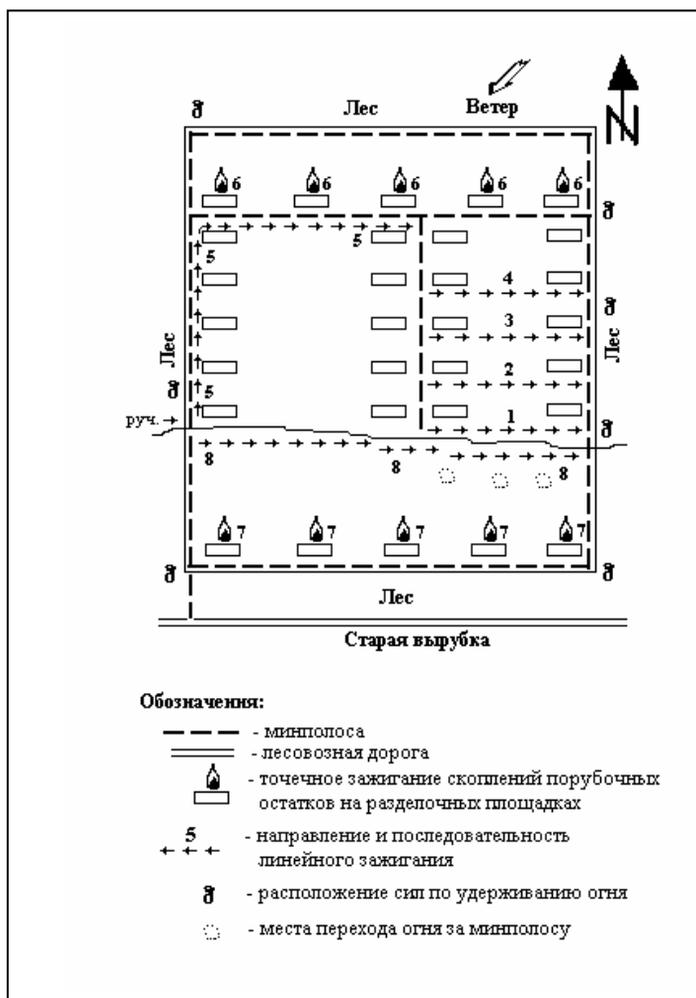


Рис. 3.7. Схема проведения выжигания 5/97.

В 7:00 проведен осмотр пожарища и оставлены два человека на окарауливание. В этом же районе на окарауливании находился пожарный трактор ТЛП-4.

Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см – 73 %, более 7 см – 36 %.

Выжигание 7/97

Унжинское лесничество Усольского лесхоза. Квартал 83.

Вырубка в нижней части склона северной экспозиции. Площадь 30 га.

Насажение до рубки: тип леса – пихтарник мелкотравно-зеленомошный, состав 6П2Е1К1Лц, полнота – 0,9.

Рубка сплошная, зимы 1996/97 гг., ЛП-49.

Горючие материалы: запас – 137 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 5 %, на разделочных площадках – 60 %, на пасаках – 35 %.

Начало зажигания – 16:00 19 августа.

Погодные условия: температура воздуха – 22°C, относительная влажность воздуха – 48 %, ветер 3–2 м/с, КП – 499 ед., КПО – I.

Метод выжигания – поэтапный.

Способ зажигания – точечный.

Тактика выжигания (рис. 3.9). После продолжительных дождей вырубка обильно заросла зеленой растительностью, поэтому решено было использовать метод поэтапного выжигания. Одновременно зажигали порубочные остатки на разделочных площадках вдоль лесовозных дорог. Высота пламени достигала 3 м. Выгорели только места сосредоточения порубочных остатков. На остальной площади горение не распространялось, с обилием зеленой травы пасаки служили преградами распространению огня.

Локализация очагов горения и окарауливание на участке не проводились в связи с полным прекращением пламенного горения.

Выжжено около 50 % площади вырубки.

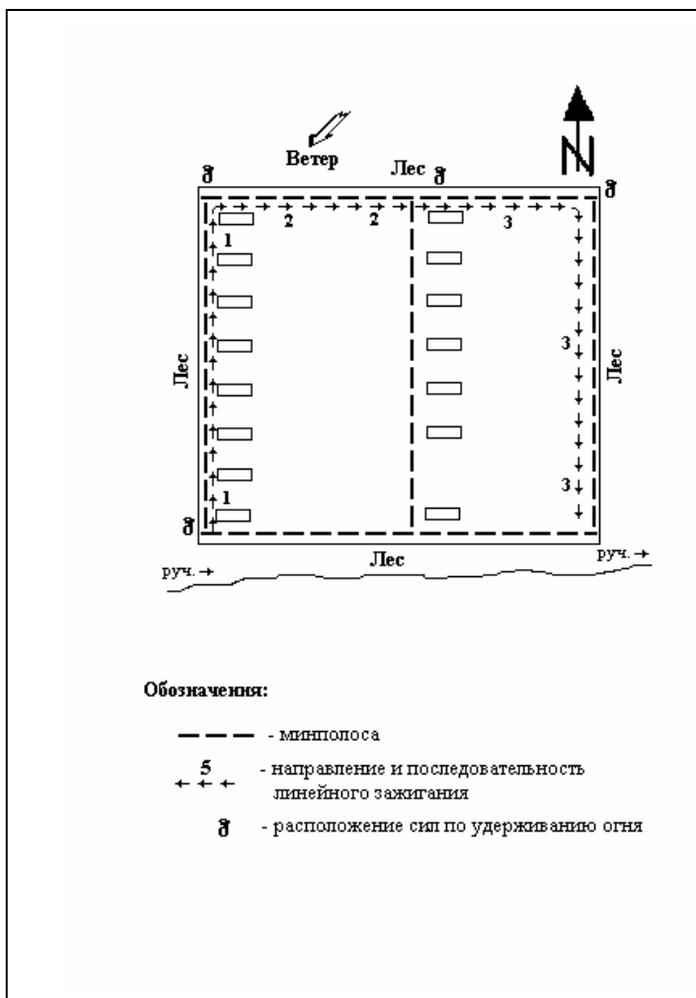


Рис. 3.8. Схема проведения выжигания 6/97.



Рис. 3.9. Схема проведения выжигания 7/97.

Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см – 45 %, более 7 см – 30 %.

Выжигание 8/97

Унжинское лесничество Усольского лесхоза. Квартал 83.

Вырубка на плакоре. Площадь 48 га.

Насаждение до рубки: тип леса – пихтарник мелкотравно-зеленомошный, состав 5П2К2Е1Лц, полнота – 1,0.

Рубка сплошная, зимы 1996/97 гг., ЛП–49.

Горючие материалы: запас – 83 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 5 %, на разделочных площадках – 30 %, на пасаках – 65 %.

Начало зажигания – 16:00 20 августа.

Погодные условия: температура воздуха – 22°С, относительная влажность воздуха – 48 %, ветер 3–2 м/с, КП – 719 ед., КПО – II.

Метод выжигания – поэтапный.

Способ зажигания – точечный.

Тактика выжигания (рис. 3.10). В связи с низким классом пожарной опасности и большим количеством травянистой растительности было решено использовать метод поэтапного выжигания. По всему периметру вырубки были проложены дополнительные минполосы. Одновременно точечным способом зажигали порубочные остатки на разделочных площадках. Выгорели только места, где были сосредоточены порубочные остатки. Далее горение не распространялось, и заросшие травой пасаки служили преградами распространению огня.

Локализация очагов горения и окарауливание на участке не проводились в связи с полным прекращением пламенного горения.

Выжжено около 40 % площади вырубки.

Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см – 42 %, более 7 см – 36 %.

Выжигание 9/97

Унжинское лесничество Усольского лесхоза. Квартал 83.

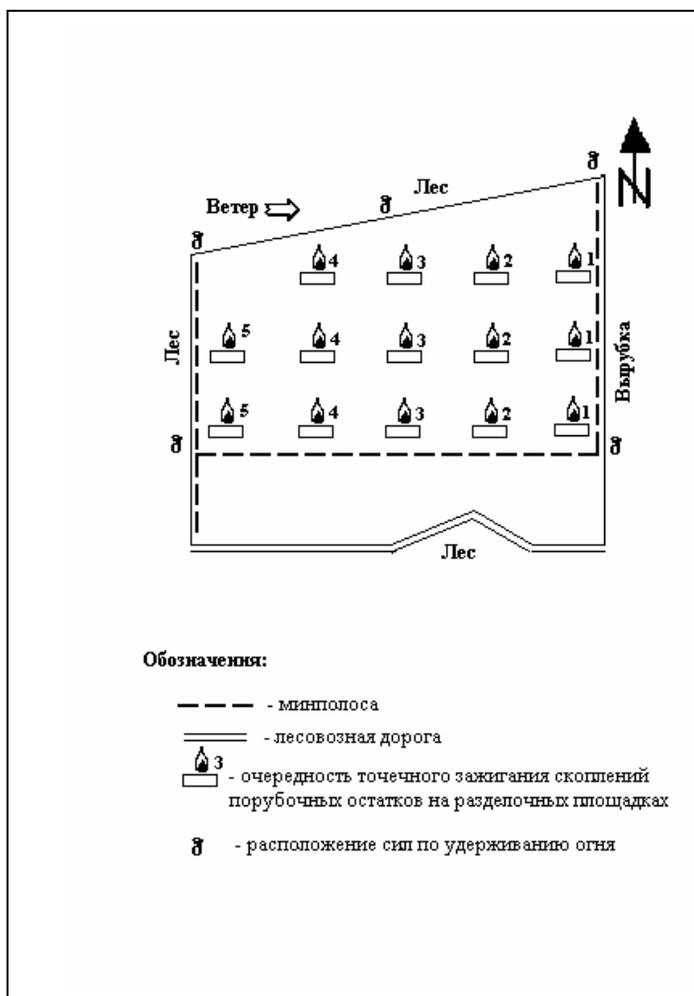


Рис. 3.10. Схема выжигания 8/97.



Рис. 3.11. Схема выжигания 9/97.

Вырубка на плакоре. Площадь 15 га.

Насаждение до рубки: тип леса – пихтарник мелкотравно-зеленомошный, состав 6П2Е2Лц, полнота – 1,0.

Рубка сплошная, зимы 1996/97 гг, ЛП – 49.

Горючие материалы: запас – 133 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 10 %, на разделочных площадках – 35 %, на пасаках – 55 %.

Начало зажигания – 17:00 21 августа.

Погодные условия: температура воздуха – 21°С, относительная влажность воздуха – 52 %, ветер Ю – 2 м/с, КП – 940 ед., КПО – II.

Метод выжигания – поэтапный.

Способ зажигания – точечный.

Тактика выжигания (рис. 3.11). В связи с низким классом пожарной опасности и большим количеством зеленой массы травянистой растительности, было решено использовать метод поэтапного выжигания. По всему периметру вырубки были проложены дополнительные минполосы. Зажигание проводили точечным способом, начиная с отдельных скоплений порубочных остатков (в основном на разделочных площадках). Выгорели места, где были сосредоточены порубочные остатки. Далее горение не распространялось.

Локализация очагов горения и окарауливание на участке не проводились в связи с полным прекращением пламенного горения из-за начавшегося дождя.

Выжжено около 45 % площади вырубки.

Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см – 50 %, более 7 см – 28 %.

Выжигание 2/99

Предивинское лесничество Большемуртинского лесхоза. Квартал 27.

Вырубка на плакоре. Площадь 48 га. Вырубка разбита на 8 блоков, разделенных минполосами шириной 3 м.

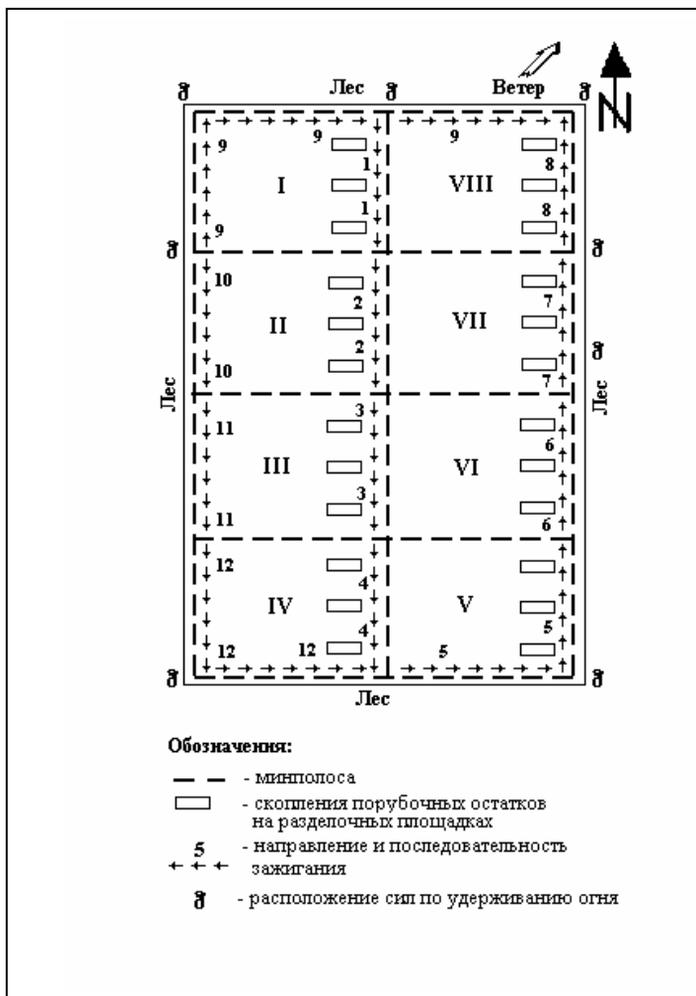


Рис. 3.12. Схема проведения выжигания 2/99.

Насаждение до рубки: тип леса – пихтарник зеленомошно-разнотравный, состав бП1К1Е1Б1Ос, полнота – 0,8.

Подрост: до рубки – 8П2Е (20), высота 1 м, 4000 шт./га; после рубки – 8П2Е, 2500 шт./га, из них: здоровый – 10 %, сомнительный – 10 %, усохший – 80 %.

Рубка сплошная, зимы 1998/99 гг., ЛП–49.

Горючие материалы: запас – 139 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 0 %, на разделочных площадках – 35 %, на пасаках – 65 %.

Начало зажигания – 19:00 27 июня.

Погодные условия: температура воздуха – 20°C, относительная влажность воздуха – 49 %, ветер ЮЗ – 3 м/с, КП – 2894 ед., КПО – IV.

Метод выжигания – сплошной пал.

Способ зажигания – линейный.

Тактика выжигания (рис. 3.12). Первые линии зажигания проводились вдоль центральной лесовозной дороги по очереди от первого блока к четвертому. В 19:45 начали зажигать по восточному краю вырубке (блоки с V по VIII). По мере прохождения кромки огня расстояния, равного половине ширины блоков и формирования мощной колонки с сильным подсосом воздуха, было проведено зажигание вдоль западной стороны участка (блоки с I по IV) с целью увеличения интенсивности горения и предотвращения переброса горящих частиц за пределы выжигаемого участка.

В ходе работ по сдерживанию огня обнаружено два очага горения, вызванные перебросом горящих частиц с восточной стороны вырубке, которые были потушены. При этом выгоревшая площадь составила около 50 м².

Окончание пламенного горения – 3:00.

Локализация очагов горения на участке не проводилась в связи с полным прекращением пламенного горения, вызванного небольшим дождем.

Окарауливание осуществляли лесничий и лесник Предивинского лесничества. Эти работы заключались в регулярном патрулировании по периметру участка и ликвидации очагов горения.

Непредвиденные обстоятельства. В 14:00 28 июня возник ветер западного направления скоростью до 10 м/с. На некоторых недогоревших участках возникло пламенное горение. При этом был обнаружен очаг горения за пределами ограниченной минполосами площади (он был сразу ликвидирован, заняв площадь около 15 м²). Чтобы удержать распространение огня в пределах вырубki провели линейное зажигание невыгоревших участков с расстоянием между линиями зажигания 3 м. Оставшиеся участки были выжжены в течение 2 часов.

Окарауливание вплоть до окончания тления на вырубке, как и ранее, осуществлялось работниками лесничества.

В результате выжигания площадь вырубki была полностью пройдена огнем. Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см составила – 85 %, а крупных порубочных остатков и валежа – 45 % (Фото 11–12).

Выжигание 3/99

Красноключинское лесничество Большемуртинского лесхоза. Квартал 27.

Вырубка на плакоре. Площадь 14 га. В ходе лесосечных работ порубочные остатки были собраны на 10 площадках размером 60 x 20 м в кучи высотой в среднем 1 м. Между кучами запасы горючих материалов незначительны. По периметру участка со скоплением порубочных остатков бульдозером были проложены минполосы шириной 3 м.

Насаждение до рубки: тип леса – пихтарник зеленомошно-осочковый, состав 5ПЗЕ1К1БедЛц, полнота – 0,7.

Подрост: до рубки – 6П2Е1Лц1Б (30), высота 2 м, 8000 шт./га; после рубки – 7П2Е1Л(30), 6000 ШТ./ГА.

Рубка сплошная, зимы 1998/99 гг., ЛП–19 + ЛП–18.

Горючие материалы: запас – 200 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на разделочных площадках – 100 %.

Начало зажигания – 15:00 30 августа.

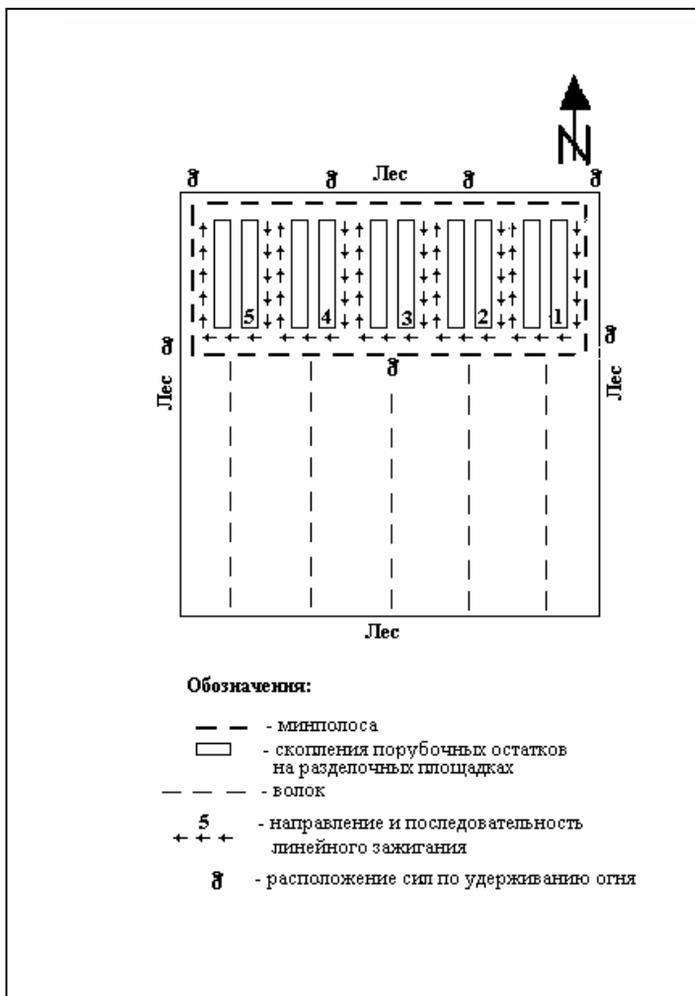


Рис. 3.13. Схема проведения выжигания 3/99.

Погодные условия: температура воздуха – 19°C, относительная влажность воздуха – 40 %, ветер Ю – 2 м/с, КП – 949 ед., КПО – III.

Метод выжигания – сплошной пал.

Способ зажигания – линейный.

Тактика выжигания (рис.3.13). Зажигания проводились по периметру каждых двух площадок.

Непредвиденные обстоятельства. С подветренной (северной) стороны участка был обнаружен очаг горения, вызванный перебросом горящих частиц через минполосу. Сразу ликвидировать очаг горения не удалось и только после создания с помощью лопат и топоров новой минполосы под пологом соседнего древостоя продвижение огня удалось остановить и локализовать. Площадь переброса составила около 0,1 га.

Пламенное горение на участке закончилось к 18:00.

Локализация очагов горения на участке не проводилась в связи с полным прекращением пламенного горения.

Окарауливание осуществляли лесничий и лесник Красноключинского лесничества в течение двух дней.

Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см составила – 98%, а крупных порубочных остатков – 83 %.

Выжигание 4/99

Унжинское лесничество Усольского лесхоза. Квартал 116.

Вырубка на южном склоне с уклоном 2°. Площадь 20 га. Вырубка была разбита на 6 блоков, разделенных минполосами шириной 3 м.

Насаждение до рубки: тип леса – пихтарник разнотравно-осочковый, состав 4П2Е2С2Б+Ос, полнота – 0,7.

Подрост: до рубки – 10П (25), высота 2,2 м, 4000 шт./га; после рубки – 10П, 200 шт./га, из них: здоровый – 30 %, сомнительный – 20 %, усохший – 50 %.

Рубка сплошная, зимы 1998/99 гг., ЛП–49.

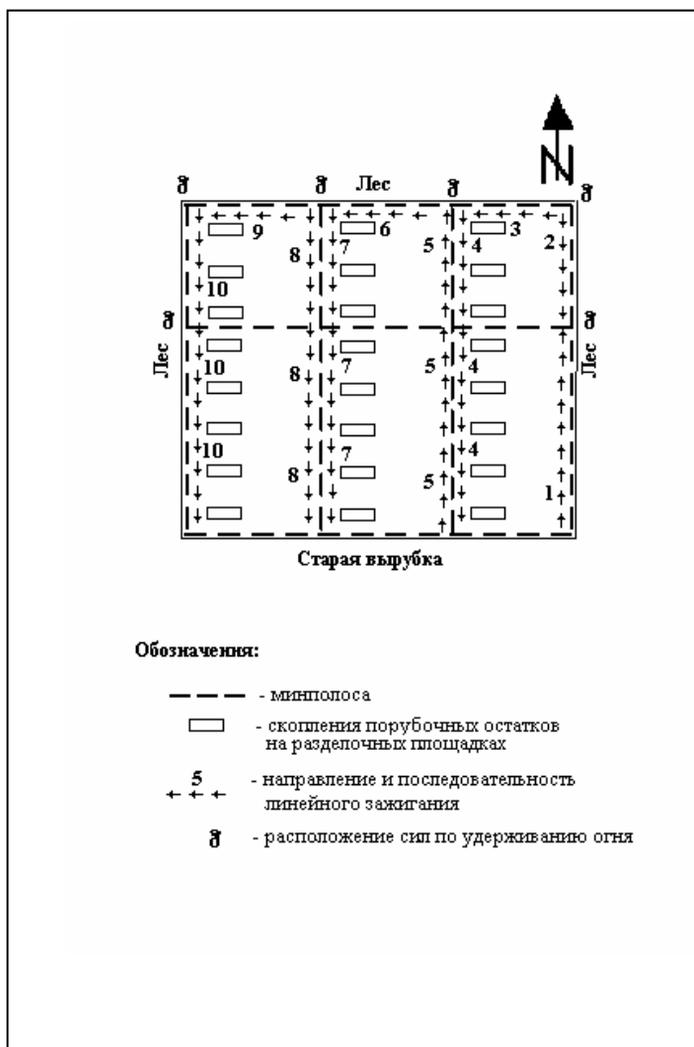


Рис. 3.14. Схема проведения выжигания 4/99.

Горючие материалы: запас – 151 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 1 %, на разделочных площадках – 30 %, на пасаках – 69 %.

Начало зажигания – 18:00 1 сентября.

Погодные условия: температура воздуха – 15°С, относительная влажность воздуха – 55 %, ветер – штиль, КП – 1647 ед., КПО – III.

Метод выжигания – сплошной пал.

Способ зажигания – линейный.

Тактика выжигания (рис. 3.14). Зажигание начали по восточной стороне вырубki с южного и северного краев к середине, чтобы одновременно создать высокоинтенсивную кромку огня, распространяющуюся в западном направлении. После образования устойчивого фронта горения зажгли линию по северной стороне блока. Затем зажгли линии по обеим сторонам центральных лесовозных дорог. Последняя линия зажигания проведена по западной стороне вырубki.

Окончание пламенного горения – 24:00.

Окарауливание осуществлялось лесничим и двумя лесниками Унжинского лесничества в течение четырех дней. Эти работы заключались в регулярном патрулировании по периметру участка и ликвидации очагов горения.

В результате выжигания площадь вырубki была полностью пройдена огнем на 95 %. Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см составила – 46 %, а крупных порубочных остатков и валежа – 37 %.

Выжигание 5/99

Унжинское лесничество Усольского лесхоза. Квартал 137.

Вырубка на плакоре. Площадь 22 га. Вырубка разбита минполосами шириной 3 м на 9 блоков.

Насажение до рубки: тип леса – пихтарник разнотравно-осочковый, состав 5П2Е2С1Ос+К+Лц, полнота – 0,6.

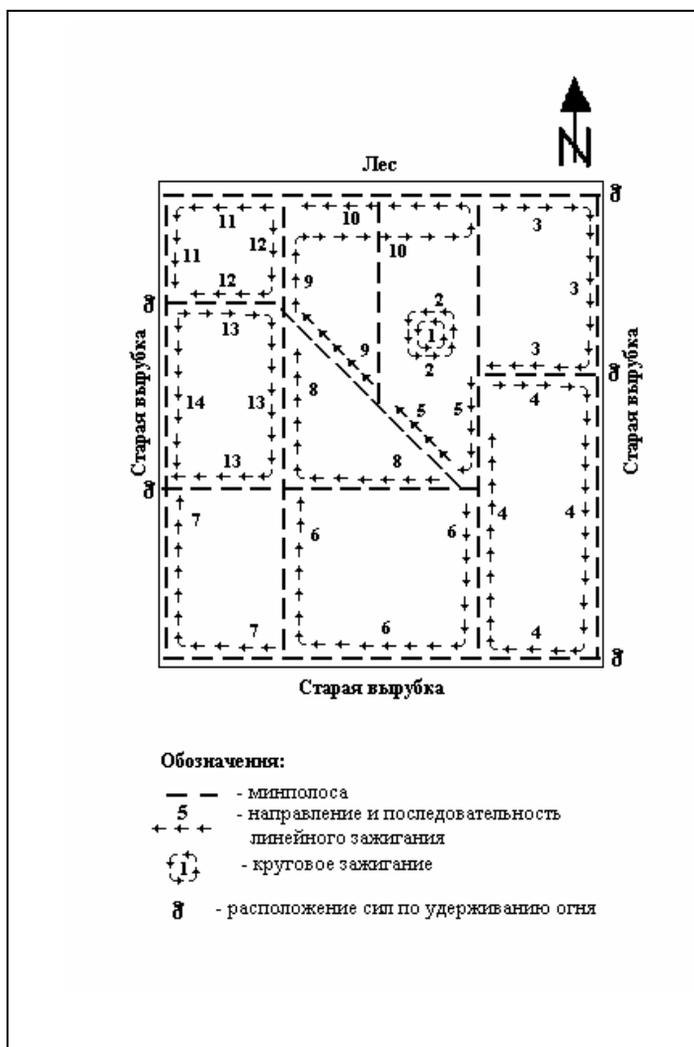


Рис. 3.15. Схема проведения выжигания 5/99.

Подрост: до рубки – 10П (20), высота 1,5 м, 3000 шт./га; после рубки – 10П, 2000 шт./га, из них: здоровый – 10 %, сомнительный – 10 %, усохший – 80 %.

Рубка сплошная, зимы 1998/99 гг., ЛП–49.

Горючие материалы: запас – 125 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 3 %, на разделочных площадках – 45 %, на пасаках – 52 %.

Начало зажигания – 21:00 2 сентября.

Погодные условия: температура воздуха – 9°С, относительная влажность воздуха – 50 %, ветер – штиль, КП – 1808 ед., КПО – IV.

Метод выжигания – сплошной пал.

Способ зажигания – кольцевой.

Тактика выжигания (рис. 3.15). Из-за большого количества зеленой массы трав необходимо было повышение интенсивности горения, что достигнуто созданием конвекционной колонки по середине участка. Вначале зажгли скопления порубочных остатков в центре вырубки. Затем зажигали ЛГМ, двигаясь по кругу вокруг очага горения на расстоянии 50 м. После появления тяги воздуха к конвекционной колонке провели зажигания по периметру соседних блоков.

К 4:00 утра участок был полностью пройден огнем.

Окарауливание осуществлялось лесниками Унжинского лесничества в течение четырех дней.

Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см составила – 73 %, а крупных порубочных остатков и валежа – 40 %.

Выжигание 6/99

Унжинское лесничество Усольского лесхоза. Квартал 137.

Вырубка на южном склоне с уклоном 2°. Площадь 5 га. Вырубка окружена минполосой шириной 3 м.

Насаждение до рубки: тип леса – пихтарник разнотравно-осочковый, состав 5П2Е2С1Ос+К+Лц, полнота – 0,6.

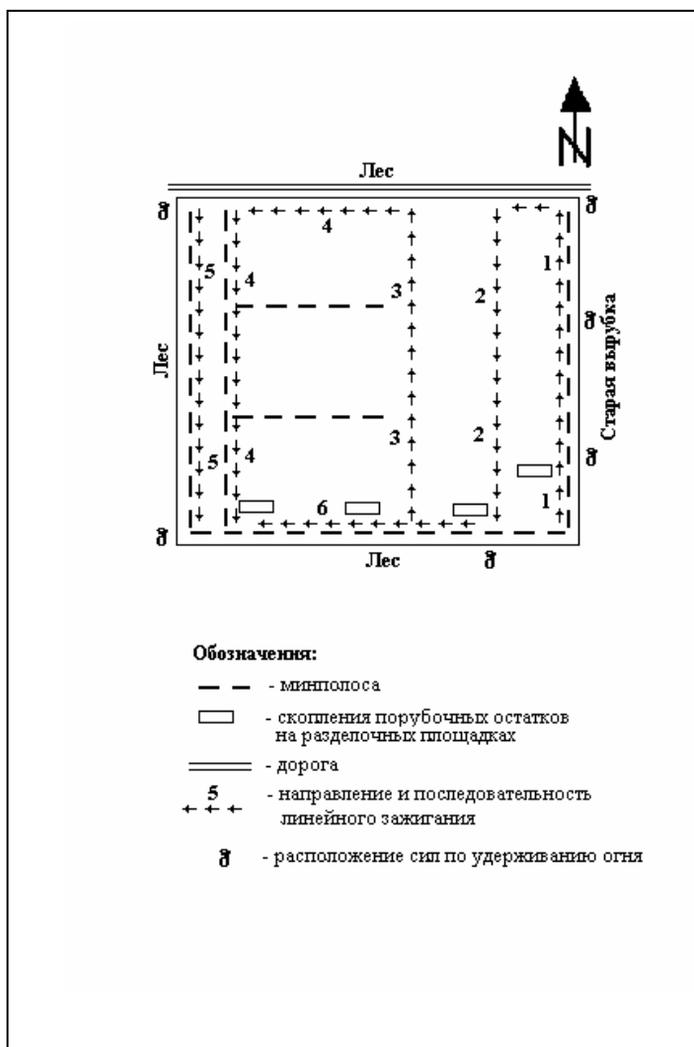


Рис. 3.16. Схема проведения выжигния 6/99.

Подрост: до рубки – 10П (20), высота 1,5 м, 3000 шт./га; после рубки – 10П, 2000 шт./га, из них: здоровый – 10%, сомнительный – 10%, усохший – 80 %.

Рубка сплошная, зимы 1998/99 гг., ЛП–49.

Горючие материалы: запас – 125 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 3 %, на разделочных площадках – 20 %, на пасаках – 77 %.

Начало зажигания – 19:00 2 сентября.

Погодные условия: температура воздуха – 15°C, относительная влажность воздуха – 55 %, ветер – штиль, КП – 1808 ед., КПО – IV.

Метод выжигания – сплошной пал.

Способ зажигания – линейный.

Тактика выжигания (рис. 3.16). Первая линия зажигания проведена по восточной стороне вырубки. Для ускорения процесса выжигания, проложена вторая линия зажигания, параллельная первой. Затем, по мере слияния первых двух кромок, зажжена третья линия. Окончательная линия зажигания проведена вдоль северной, западной и южной сторонам вырубки.

Сдерживание огня осуществлялось двумя рабочими с РЛЮ на двух очагах горения, вызванных перебросом горящих частиц, с подветренной стороны вырубки. Выгоревшая площадь составила около 5 м².

К 22:00 участок был полностью пройден огнем.

Окарауливание осуществлялось лесниками Унжинского лесничества в течение четырех дней.

Полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см составила – 100 %, а крупных порубочных остатков и валежа – 73 %.

Выжигание 7/99

Юксеевское лесничество Большемурутинского лесхоза. Квартал 83.

Вырубка на плакоре. Площадь 35 га.

Насажение до рубки: тип леса – пихтарник разнотравно-зеленомошный, состав 7П2Е1К, полнота – 0,8.

Подрост: до рубки – 6П4Е (30), высота 3 м, 4500 шт./га; после рубки – 5П5Е, 2800 шт./га, из них: здоровый – 30 %, сомнительный – 20 %, усохший – 50 %.

Рубка сплошная, зимы 1998/99 гг., ЛП–49.

Горючие материалы: запас – 147 м³/га, распределение по элементам лесосеки: на волоках – 5 %, на разделочных площадках – 30 %, на пасаках – 65 %.

Начало зажигания – 14:00 10 сентября.

Погодные условия: температура воздуха – 15°C, относительная влажность воздуха – 60 %, ветер – штиль, КП – 454 ед., КПО – I.

Метод выжигания – поэтапный.

Способ зажигания – точечный.

Тактика выжигания (рис. 3.17). К вырубке с трех сторон примыкал лесной массив. Поэтому выжигание проводили при первом классе пожарной опасности, когда напочвенный покров в окружающем насаждении негорим. Зажигание порубочных остатков начали одновременно на разделочных площадках вдоль северной лесовозной дороги. В последнюю очередь зажгли скопления порубочных остатков, расположенных вдоль южной границы вырубки. Распространение горения между разделочными площадками не происходило из-за высокого влагосодержания горючих материалов.

Локализация очагов горения и окарауливание на участке не проводились в связи с полным прекращением пламенного горения.

Выжжено около 40 % площади вырубки.

На разделочных площадках полнота сгорания порубочных остатков диаметром до 7 см – 76 %, более 7 см – 33 %.

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных выжиганий можно сделать следующие выводы:

– выжигания на вырубках можно проводить в течение всего пожароопасного сезона, с мая по сентябрь включительно. Оптимальный период для выжигания – со второй половины мая по первую – декаду июля. В начале лета (май–июнь) выжигания целесообразно проводить при II, III классах пожарной опасности, а позднее (в июле–августе) – при III–IV;

– наиболее безопасными условиями для выжигания являются те, когда вырубка окружена лесным массивом, где пожарная опасность на один–два класса ниже, чем на вырубке;

– оптимальная площадь участка для выжигания сплошным палом за один прием не более 5–10 га, что позволяет проводить выжигание группой из 3–4 человек. Более благоприятные условия для проведения сплошного пала создаются при равномерном расположении порубочных остатков на вырубке;

– для повышения интенсивности горения рекомендуется в условиях штиля или слабого ветра использовать кольцевое зажигание с интенсивным очагом горения в центре участка. По мере образования конвекционной колонки проводить зажигание, двигаясь по кругу на расстоянии 30–50 м от линии предыдущего зажигания;

– основным преимуществом контролируемых выжиганий на вырубках является снижение их пожароопасности и возможность проведения лесовосстановительных мероприятий без дополнительной обработки почвы тяжелой техникой и частичной заменой посадок посевом семян хвойных пород. Наилучшие результаты в отношении лесовозобновления на вырубке дает сплошной пал, при условии сохранения толщины подстилки 0,5–2 см. Интенсивность кромки горения при этом находится в пределах 500–20000 кВт/м.

Глава 4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ВЫЖИГАНИЙ

На основе опытно-производственных выжиганий на вырубках Красноярского края на общей площади около 800 га и обобщения канадского и американского опыта по предписанным выжиганиям разработаны требования и технологии контролируемых выжиганий. На их основании составлены Указания для практического применения метода (см. Приложение 1).

4.1. Требования к отбору вырубок для выжигания

Контролируемые выжигания предписывается проводить только на вырубках зимней лесозаготовки текущего года и при наличии на ней жизнеспособного подростка в неудовлетворительном количестве (см. «Правила рубок главного пользования в лесах Восточной Сибири», 1994). Это связано с тем, что на зимних вырубках порубочных остатков на 40 % больше, чем на летних. Они более равномерно распределены на участке, не утрамбованы и не перемешаны с грунтом. При выжигании происходит наиболее полное их сгорание, не нарушается слой подстилки, а под прикрытием мелких порубочных остатков она всегда остается сырой. При горении порубочных остатков сырая подстилка предохраняет верхний 5 см напочвенный слой от высоких температур.

В первую очередь для проведения выжигания отбирают вырубки в лесных массивах, где намечается обильное плодоношение хвойных пород деревьев. При обследовании вырубок решают вопросы сохранения семенников.

Учитывают наличие и состояние подростка хвойных пород (согласно существующим нормам). Состояние сохранившегося подростка уточняется за 10–15 дней до начала выжигания вырубки. Это мероприятие целесообразно совместить с освидетельствованием и принятием вырубки от леспромхоза.

Устанавливают возможность подъезда к вырубке в весенне-летний период на автотранспорте. Если в лесхозе имеется гусе-

ничные транспортеры, это условие необязательно.

Число и местонахождение вырубок, отведенных под выжигания, утверждается приказом по лесхозу. Приказ является основанием для начала разработки плана выжигания.

4.2. Противопожарное устройство вырубки перед выжиганием

До освидетельствования вырубки леспромхоз должен, а лесхоз обязан, проследить за противопожарным устройством вырубки, предусмотренным «Правилами рубок главного пользования в лесах Восточной Сибири» (1994), а именно:

– по периметру вырубки прокладывается минерализованная полоса в один след бульдозера;

– вырубка разделяется минерализованными полосами на участки не более 25 га. При этом общая сеть минерализованных полос должна быть замкнутой.

Особое внимание необходимо обратить на наличие замкнутой минерализованной полосы, шириной 3–4 м по периметру вырубки, отделяющей ее от стены леса и других участков. Складирование порубочных остатков крупномерной древесины у стены леса за минерализованной полосой не допускается.

При необходимости, исходя из погодных условий, имеющихся средств пожаротушения, площадь вырубки целесообразно расчленить минерализованными полосами на участки 3–5 га. Общая сеть минерализованных полос обязательно должна быть замкнутой.

При прокладке минполос необходимо использовать естественные преграды, в том числе: ручьи, заболоченные поймы, дороги, волока и т.п.

Минерализованные полосы следует прокладывать клином или бульдозером с поворотным ножом (Фото 13–14). В этом случае по обе стороны минполосы не будут накапливаться завалы из крупных порубочных остатков, которые при горении выделяют многочисленные тлеющие частицы. Ветер разносит их за пределы участка, где они образуют новые очаги горения.

На отдельных участках минполосы, где сосредоточены боль-

шие запасы крупномерных древесных отходов, их необходимо переместить бульдозером вглубь вырубki на расстояние 10–15 м от минполосы.

Сухостойные деревья, находящиеся на расстоянии до 20 м от минполосы, следует либо окольцевать минерализованной полосой вокруг их основания, либо свалить в сторону будущего пожарища. Это предотвратит переброс горящих частиц, образующихся при горении стоящих деревьев.

4.3. Ограничительные условия для выжигания

Максимальная площадь одновременного выжигания не должна превышать пяти га. На этой площади поочередно сжигают вначале порубочные остатки на разделочных площадках, которые занимают 5 % площади вырубok и где сосредоточены 30–40 % всех запасов горючих материалов. По мере выгорания этих участков зажигают порубочные остатки в валах вдоль волоков. На их долю приходится 10 % площади и до 30 % запасов горючих материалов. А затем выжигают остальную часть вырубki – пасеки, которые занимают до 85 % площади участка и где сосредоточено 30–40 % всех порубочных остатков, равномерно разбросанных по территории. Таким образом, мы выжигаем сплошным палом не только скопления крупных порубочных остатков, но и площадь пасеки, где сосредоточены мелкие порубочные остатки, которые невозможно собрать в кучи и валы.

4.4. Оптимальные условия для выжигания

Выжигания на вырубках предписывается проводить в течение всего пожароопасного сезона при II–III и даже при IV классах пожарной опасности.

Для более полного выжигания порубочных остатков, необходимо разными способами поддерживать высокую интенсивность горения. Вместе с тем, высокая интенсивность горения возможна лишь при больших значениях комплексного показателя засухи, соответствующих III и IV классам пожарной опасности. В этих условиях очень трудно сдерживать распространение огня в опре-

деленных границах. Поэтому мы должны использовать оптимальные условия, когда проведение выжигания не потребует больших финансовых затрат на противопожарные работы и, в тоже время, обеспечит приемлемый процент утилизации порубочных остатков. Наименьшие затраты на выжигание достигаются в том случае, если вырубка окружена участками, где горение возможно, при максимальном показателе засухи меньше 2000 единиц. В этом случае переход огня с вырубки на окружающие участки темнохвойного леса исключается. Полноту утилизации порубочных остатков можно увеличить за счет повышения интенсивности горения, применяя различные технологии выжигания.

Во всех случаях выжигания следует проводить с 16 часов дня до 6–8 часов утра. В это время стабилизируются погодные условия, и пик интенсивности горения попадает на вечерние часы. В случае выхода огня из-под контроля его локализация будет проходить в менее жестких погодных условиях. Дотушивание тлеющих очагов горения в ранние утренние часы (6–8 часов), когда пламенное горение прекращается, также потребует минимальных затрат.

В табл. 4.1 приведены оптимальные условия для проведения контролируемых выжиганий в зависимости от периода пожароопасного сезона.

4.4.1. Рекомендации по оценке готовности вырубок

к выжиганию

Практические рекомендации по глазомерной оценке готовности объекта в полевых условиях разработаны на основе «Руководства для подпологовых выжиганий в лесах из сосны пондерозы, лиственницы и пихты на западе межгорного региона» (Kilgore, Curtis, 1987) и апробированы в наших условиях.

Таблица 4.1.

Оптимальные условия для проведения контролируемых выжиганий

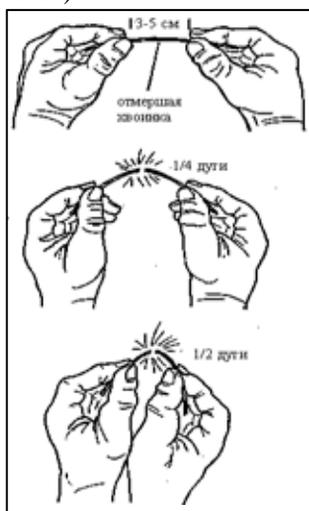
Период пожароопасного сезона	Класс ПО	Комплексный показатель	Температура воздуха, град.С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/сек	Начало загорания, час
III декада мая – II декада июня	II–III	600–1600	15–18	< 60	< 2	18–19
II декада июня – I декада июля	III	1700–2000	19–22	< 40	< 3	18–19
II–III декада июля – I декада августа	III–IV	2100–3000	20–24	< 30	< 4	16–18
II–III декада августа – I декада сентября	IV	3100–4000	18–20	< 30	< 5	14–16

Перед началом выжигания на конкретной вырубке следует решить вопрос – выжигать или не выжигать. Для этого нужно оценить условия погоды и состояние горючих материалов доступными методами.

Погодные факторы. Некоторые из наблюдений за погодой при проведении контролируемых выжиганий, которые можно применять на практике:

- максимальная облачность не должна превышать 30 %;
- при осадках до 3 мм выжигание откладывается на 1 день; при осадках от 3 до 5 мм с последующей солнечной погодой и ветром более 3 м/сек – на 2–3 дня;
- ветер необходим при большинстве сложных выжиганий, особенно на участках с ровным рельефом, так как он способствует рассеиванию тепла и уменьшению обугливания крон;
- для определения скорости ветра на высоте 6 м можно использовать модифицированную шкалу (табл. 4.2). Обычно контролируемые выжигания на вырубке проводят при скорости ветра до 5 м/сек.

Существует также ряд практических рекомендаций по проверке готовности горючих материалов к выжиганию (Kilgore, Curtis, 1987).



Проверка по сосновой хвое (рис. 4.1). Проходя по участку, предназначенному для выжигания, соберите хвоинки в нескольких местах и проведите следующий простой эксперимент. Зажмите мертвую (прошлогоднюю) хвоинку между большим и указательным пальцами на расстоянии примерно 3–5 см. Сводите большие пальцы вместе к низу. Если хвоинка явно ломается в пределах четверти дуги, то влагосодержание горючих материалов находится в

пределах 4–7 %. Если хвоинка продолжает сгибаться, но резко ломается в пределах половины дуги, то ее влагосодержание составляет 8–11 %. Если же хвоинка продолжает гнуться и за половиной дуги, то тогда мелкие горючие материалы слишком влажные для выжигания. Во многих случаях хвоинки сосны ломаются уже через 2–3 дня после таяния снега или смачивания дождем. Если влагосодержание хвои сосны составляет от 4 до 10 %, то хвоинки будут трещать под вашими ногами.

Таблица 4.2

Модифицированная шкала Бофорта (Rothermel, 1983) для скорости ветра на высоте 6 м

Диапазон скоростей, км/час	Характер ветра
< 5	Очень слабый ветер. Дым поднимается почти вертикально. Листья осины постоянно трепещут; качаются мелкие ветви кустарника; мягко двигаются тонкие ветви и побеги на деревьях; высокая трава гнется под ветром; флюгер едва движется.
6–11	Слабый ветер. Жердняк на открытых местах мягко качается; ветер явно чувствуется на лице; опущенный клочок бумаги передвигается; маленький флажок трепещет.
12–19	Мягкий бриз. Жердняк на открытых местах заметно качается; крупные ветви жердняка резко качаются; вершины густого древостоя волнуются; ветер натягивает флажок; по озерной глади местами гребешки.
20–29	Умеренный бриз. Жердняк на открытых местах очень сильно качается; в густом древостое заметно качаются целые деревья; на дорогах поднимается пыль.
30–39	Свежий ветер. Небольшие ветви обламываются и падают с деревьев; трудно вато идти против ветра.
40–50	Сильный ветер. Ущерб для деревьев увеличивается за счет слома некоторых выступающих вершин и ветвей; слабый структурный ущерб постройкам.
51–61	Умеренный шторм. Вершины деревьев сильно повреждаются; очень трудно идти против ветра; значительный ущерб постройкам.
≥ 62	Сильный шторм. Сильный низовой Санта Ана; сильное повреждение всех выступающих объектов, растительности и зданий; полог практически не дает защиты; ветер дует непрерывно, сметая все на своем пути.

Тест по палочке. На участке, предназначенном к выжиганию, найдите сухую палочку или ветку диаметром 1–2 см и зажмите ее в руках; расстояние между руками 45 см. Держа палочку в направлении, безопасном для глаз и подальше от окружающих, сводите ее концы, пока она не сломается. Если палочка сломалась в двух местах и средняя ее часть взлетела вверх, то горючие материалы на участке слишком сухие для выжигания. Если палочка просто ломается в двух местах или трескается в одном месте, значит, условия горючих материалов, в общем, подходят для выжигания. Если палочка сгибается или трескается в одном месте с глухим звуком, значит горючие материалы слишком влажные.

Оценка влагосодержания подстилки. По правилу из практического руководства, толщина подстилки 2,5 см означает, что запас равен примерно 25 тонн на га. Огонь может полностью уничтожить подстилку, если влагосодержание горючих материалов меньше 35–40 %. Поэтому необходимо, чтобы влагосодержание нижней части подстилки составляло не менее 40 %. Это предохранит почву от перегревания. Влагосодержание трав и листьев деревьев также можно определить по стадии их вегетации (табл. 4.3). В вегетирующем состоянии оно изменяется от 300 до 100 %.

Таблица 4.3.

**Влагосодержание вегетирующих горючих материалов (лишвы-хвои)
(Rothermel, 1983)**

Влагосодержание, %	Стадия развития вегетации
300	Свежая листва, однолетние развиваются на раннем этапе цикла роста.
200	Взрослеющая листва, еще развивающаяся, с полным тургором
100	Взрослая листва, новый рост завершен и сравним с более старой многолетней листвой
50	На пороге сна, начинается изменение цвета, некоторое количество лишвы, может, уже упало с деревьев. Это также показатель для условий засухи
< 30	Полностью сухие горючие материалы

4.4.2. Рекомендации по сдерживанию и локализации горения на вырубке

Сдерживание и локализация горения на вырубках зависят от многих факторов, в том числе от скорости распространения, высоты пламени, интенсивности горения и т. д. Для оперативной оценки этих параметров разработаны номограммы. Они (Andrews and Rothermel, 1982; Rothermel, 1983; National Wild-fire Coordinating Group, 1992; Pyne et. al., 1996) дают связь четырех характеристик пожара: скорости распространения, количества тепла, длины пламени и интенсивности кромки, т.е. по двум параметрам пожара можно определить значения остальных. На рис. 4.2 приведена номограмма для больших запасов горючих материалов, к которым относятся порубочные остатки на вырубках. В зависимости от характеристик кромки горения можно определить интенсивность выжигания. Такие параметры, как длина пламени и скорость распространения, можно оценить глазомерно. Затем, по их величинам определить интенсивность кромки и интенсивность горения, на основе которых нужно использовать тот или иной способ сдерживания распространения горения по вырубке. На основе этой номограммы составлена таблица, в которой, исходя из параметров горения, даются рекомендации по сдерживанию и локализации горения на вырубке (табл. 4.4). Так при длине пламени менее 1,2 м интенсивность кромки менее – 345 кВт/м, и сдерживать ее распространение можно вполне успешно при помощи ручного инвентаря и заградительной линии. При длине пламени от 1,2 до 2,4 м интенсивность кромки возрастает до 1725 квт/м и при ее сдерживании необходимо уже использование техники.

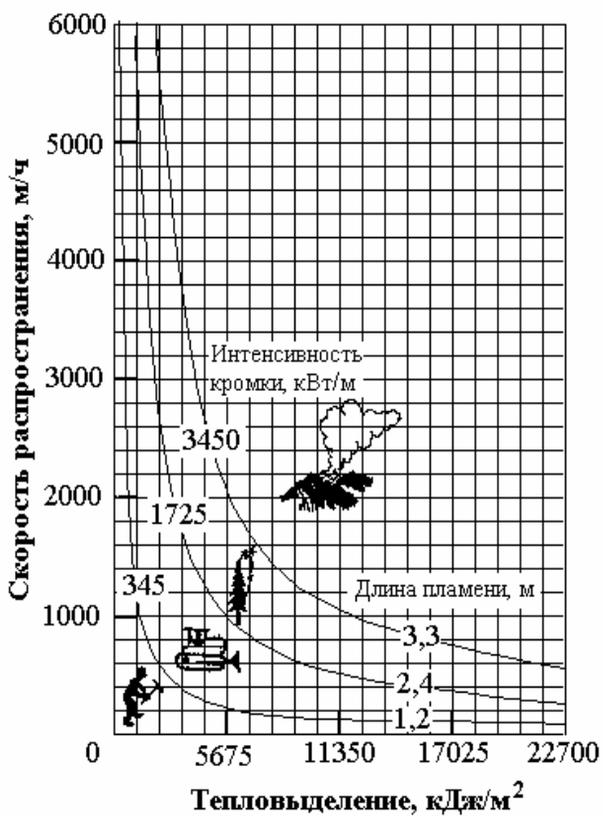


Рис. 4.2. Номограмма для оперативной оценки параметров горения.

4.5. Технологии контролируемых выжиганий

Технологии выжиганий включают методы выжигания и способы зажигания или пуска огня.

4.5.1. Методы выжигания

Метод сплошного пала. Метод целесообразно использовать там, где площадь вырубki не превышает 10–20 га и на ней отсутствует подрост, семенные куртины, куртины недоруба и другие, не подлежащие утилизации объекты, и вырубка надежно изолирована от окружающих участков минерализованными полосами. Метод позволяет в короткий срок выжечь порубочные остатки с высокой степенью утилизации.

Таблица 4.4.

Длина пламени и интенсивность кромки пожара в контексте пожаротушения
(Roussopoulos and Johnson, 1975; Rothermel, 1983)

Длина пламени, м	Интенсивность кромки, кВт/м	Поведение пожара и возможности его тушения
< 1,2	<345	Пожар можно атаковать с фронта или с флангов при помощи ручного инвентаря. Построенная вручную заградительная линия сдерживает огонь.
1,2–2,4	345–1725	Пожар слишком силен для прямой атаки с фронта при помощи ручного инвентаря. Нельзя надеяться на то, что построенная вручную заградительная линия сдержит огонь. Эффективно использование оборудования как плуги, бульдозеры, помпы, ретарданты с самолета.
2,4–3,3	1725–3450	Пожар может представлять серьезные трудности для тешения – факельное загорание, переход в кроны, образование пятнистых загораний. Контроль огня с фронта пожара может быть неэффективен.
>3,3	>3450	Возможен переход в кроны, образование пятнистых загораний и длительные всплески интенсивности. Контролировать пожар с фронта не имеет смысла.

Метод локального выжигания. Метод эффективен в двух слу-

чаях:

1) при расположении на вырубке объектов, которые необходимо сохранить (куртины подроста и др.). В этом случае прокладывают дополнительные минполосы для их защиты, и выжигание проводят отдельными участками, изолированными друг от друга защитными полосами;

2) при необходимости обеспечить пожарную безопасность в сложных метеоусловиях и не допустить распространения высокоинтенсивного горения. При этом зажигание осуществляют последовательно в разных частях вырубки. По мере выгорания горючих материалов и снижения интенсивности горения на одном участке – зажигают следующий и т. д. Метод позволяет контролировать поведение огня малыми силами.

Метод поэтапного выжигания. Выжигание проводят в два этапа. На первом этапе выжигают участки с большим запасом порубочных остатков (разделочные площадки, волока и др.). Это можно делать при II и даже при I классе пожарной опасности или в период фенофазы полного развития трав и кустарничков. Второй этап проводят при III классе пожарной опасности, когда мелкие и средние по крупности горючие материалы хорошо высохнут. Для более безопасного проведения этих работ, целесообразно выжженные ранее участки или часть из них соединить минполосами с помощью плуга ПКЛ-70 или других орудий.

Работы по первому этапу можно проводить в августе-сентябре, а выполнение второго этапа следует перенести на май – начало июня следующего года.

Это самый безопасный метод выжигания и не требует высокой квалификации исполнителей.

4.5.2. Способы зажигания

Способы зажигания зависят от цели выжигания, хода погоды, времени суток, расположения вырубки на местности (равнина, склон и т.д.), запасов порубочных остатков, характера их размещения на вырубке, состояния пожарной опасности на прилегающих к вырубке участках, надежности заградительных полос и

естественных барьеров, и имеющихся в наличии сил и средств.

Разработаны и успешно применяются три основных способа зажигания:

- 1) линейный,
- 2) кольцевой,
- 3) точечный.

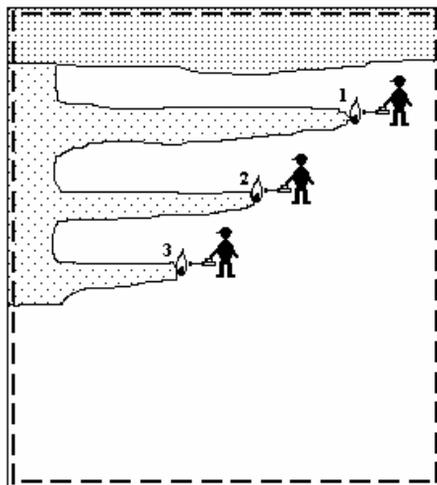
На их основе существует множество разновидностей способов зажигания, например, сочетание линейного и точечного и др. Руководитель по выжиганию должен выбирать способ зажигания, применимый в каждом конкретном случае.

Линейный способ (рис. 4.3)

Зажигание порубочных остатков осуществляют по линии вдоль опорной полосы. При необходимости зажигают горючие материалы внутри участка. Этот способ оптимален при небольшой захламленности участка, равномерном расположении порубочных остатков, при скорости ветра не превышающей 1.5–2.0 м/с.

При ветре скоростью до 3 м/с, зажигание проводят по линии вдоль опорной полосы, но огонь пускают обычно против ветра. После выжигания полосы шириной 20–30 м, осуществляют пуск огня от противоположной опорной полосы по ветру.

В случае необходимости ускорения процесса выжигания и для регулирования интенсивности горения, например, для более полного выжигания порубочных остатков при II–III классах пожарной опасности, зажигание проводят по линии вдоль опорной полосы, и после выжигания полосы шириной 20–30 м, через каждые 40–50 м зажигают вторую и последующие, отступая к опорной полосе.



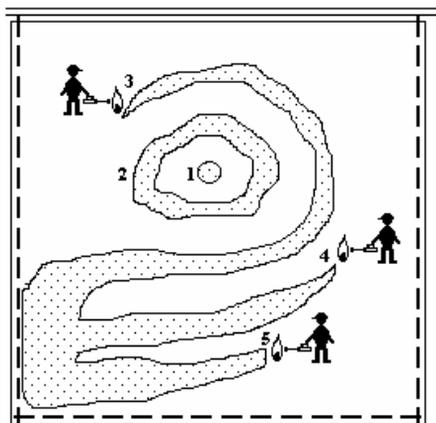
Обозначения:

— — - миниполоса

▒ - заранее отожженная полоса

3  - последовательность зажигания

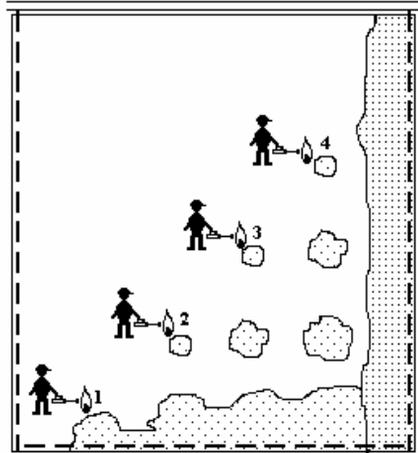
Рис. 4.3. Схема проведения линейного зажигания.



Обозначения:

- ==== - дорога
- - миниполоса
- 3  - последовательность зажигания

Рис. 4.4. Схема проведения кольцевого зажигания.



Обозначения:

— — - МИНПОЛОСА

▒ - заранее отожженная полоса

3  - последовательность зажигания

Рис. 4.5. Схема проведения точечного зажигания.

Кольцевой способ (рис. 4.4)

Сначала зажигают порубочные остатки в 3–5 точках на расстоянии 5–10 м одна от другой в центре участка. После соединения горящих кромок и образования единого очага горения, отступают на расстояние 20–30 м и зажигают горючие материалы, двигаясь по окружности относительно к основному очагу горения до соединения с началом второго зажигания. Операцию повторяют до границы участка. Последнее зажигание проводят от опорных полос по периметру участка. Этот способ оптимален при скорости ветра до 1,0 м/с, а также при необходимости повысить интенсивность горения и скорость выжигания участка.

Точечный способ (рис. 4.5)

Этот способ отличается от линейного зажигания тем, что точечный проводят не непрерывной линией, а только в отдельных точках. В первую очередь, зажигают скопления порубочных остатков (на разделочных площадках, волоках, местах складирования крупномерных отходов и т. д.). Затем создают многочисленные очаги на участках с меньшей захламленностью. Используя этот способ, можно повысить интенсивность огня, скорость и полноту выгорания участка при наличии обильной зеленой растительности. Метод наиболее эффективен при выжигании в период фенофазы полного развития травяно-кустарничкового яруса. Его недостатком является неполное выгорание горючих материалов на участках между скоплениями порубочных остатков.

4.6. Противопожарные действия в период выжигания

Сдерживание огня в заданных границах и локализация очагов горения. Во время выжигания возможно резкое увеличение интенсивности горения вблизи минерализованной полосы из-за скопления крупных порубочных остатков и, как следствие, переброс горящих частиц через минполосу. Это возможно и при горении сухостойных деревьев, стоящих вблизи минполосы. Смена направления ветра и изменение направления движения фронта огня также может создать угрозу перехода огня через минполосу.

При интенсивном горении крупномерного материала вблизи минполосы этот очаг необходимо обработать струей воды из пожарного трактора или автомашины (Фото15–16). При наличии бульдозера можно передвинуть скопление порубочных остатков вглубь пожарища или завалить его слоем грунта. При отсутствии технических средств следует сосредоточить за минполосой напротив очага горения тушители, оснащенных ручными инструментами, которые должны ликвидировать возникающие очаги.

В случае изменения направления ветра необходимо сразу же направить дополнительные силы на опасный участок и, по необходимости, пустить встречный огонь к приближающемуся фронту горения. Если есть препятствия, то нужно сосредоточить резервные силы на ликвидацию очагов горения от переброса горящих частиц.

Чтобы предотвратить переход огня за минполосу необходимо двум тушителям постоянно патрулировать по периметру вырубки и ликвидировать возникающие очаги. Важно вовремя сообщать руководителю о переходе огня за минполосу и невозможности справиться с ним самостоятельно.

Дотушивание. После прекращения пламенного горения на вырубке, главными источниками для переноса горящих частиц являются тлеющие пни, сухие стволы и кучи порубочных остатков, находящиеся на удалении до 20–30 м от минерализованной полосы.

Тлеющие пни следует обработать водой или засыпать грунтом. Сухостойные деревья необходимо свалить, тлеющие части загасить водой или влажным грунтом.

Тлеющие крупномерные порубочные остатки, собранные в валы или кучи, необходимо рассредоточить и засыпать грунтом.

Тщательно проверить прилегающие к вырубке участки в полосе 20–30 м на наличие тлеющих очагов. Обнаруженные очаги обработать водой, окопать и засыпать грунтом.

Окарауливание. Общий успех контролируемых выжиганий в значительной степени зависит от того, выйдет ли огонь за границы вырубки.

В условиях отсутствия осадков после выжигания и продолже-

ния сухого периода необходимо в первые 2–3 дня обязательно проводить окарауливание вырубки с 10 до 19 часов дня 3–5 тушльщиками, оснащенными ручным инвентарем.

При усилении скорости ветра до 5 м/с и более и отсутствии осадков окарауливание осуществлять и в ночное время с привлечением технических средств.

При выпадении осадков до 5 мм постоянное окарауливание можно прекратить на второй день, в зависимости от состояния тлеющих очагов и проводить осмотр пожарища уже через два-три дня до полного прекращения горения.

При выпадении осадков более 5 мм окарауливание можно прекратить уже в первый день и осмотр пожарища провести через 2–3 дня.

В случае распространения горения на прилегающие участки следует оповестить лесхоз и действовать быстро и энергично по локализации горения, исходя из реальной обстановки.

4.7. Техника безопасности

При проведении контролируемых выжиганий соблюдаются те же меры пожарной безопасности, которые предусмотрены правилами охраны труда при тушении лесных пожаров.

Подробный инструктаж по технике безопасности проводится на месте перед каждым выжиганием, исходя из местных условий.

Глава 5. ПОСЛЕДСТВИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ВЫЖИГАНИЙ НА ВЫРУБКАХ

В последние десятилетия лесозаготовки уже длительное время ведутся на значительном расстоянии от населенных пунктов, так как вблизи них лесные ресурсы уже полностью исчерпаны. Поэтому проблема обеспечения условий экологической безопасности больше относится к природным экосистемам, чем к людям. Тем не менее, мы рассматриваем влияние контролируемых выжиганий не только на почву и лесовосстановление, но и на фауну и здоровье людей.

5.1. Влияние на лесовосстановление

В настоящее время одним из главных вопросов, стоящих перед лесоводами Сибири, является проблема лесовосстановления вырубок. Только за последние десятилетия их накопилось около 10 млн. га, лесовосстановление на которых практически полностью отсутствует (Валендик, 1998).

Рубка древостоя резко меняет лесорастительную среду. Выживаемость сохранившегося подроста и появление самосева определяются в значительной мере тем, насколько новые условия благоприятствуют процессу лесовозобновления или тормозят его, при этом главную роль играет травяной покров. Отмечалось (Черепнин, 1957), что в первые два года после рубки на лесосеке господствуют разнотравье и корневищные злаки, а к пятому году - наблюдается мощное разрастание кустовых злаков, увеличивающих задернение почвы до 90 %. Считается, что основным препятствием возобновлению леса является покров из злаков, отрицательная роль которого проявляется в механическом препятствовании прорастанию семян, заваливании всходов отмершей надземной частью и т.п. (Черепнин, 1957; Бузыкин, 1964; Медведева, 1975). Сильнейшими задернителями почвы считаются вейники.

Группа вейниковых вырубок широко распространена во всех районах лесной зоны. Присутствуя в незначительном количестве в условиях лесной обстановки, вейники не играют существенной

роли в травяном покрове до рубки. Однако на вырубках они становятся не только индикаторами, но и эдификаторами лесорастительной среды (Иванова, Перевозникова, 1994).

На месте пихтово-еловых лесов на подзолистых почвах тяжелого механического состава обычно формируются тупоколосково-вейниковые типы вырубков, причем, вейник тупоколосковый является наиболее сильным задержителем почвы (Обыденников, Кожухов, 1976; Игнатьева, 1988).

Иная картина наблюдается на участках, пройденных пожаром. В таких случаях формируются кипрейные или кипрейно-вейниковые типы вырубков, а покров из кипрея улучшает условия роста молодых деревьев (Побединский, 1955; Санникова, 1977).

Стимуляция огнем роста самосева хвойных древесных растений на сплошных вырубках ранее отмечалась разными авторами (Декатов, 1936; Санников, 1973). Многими исследователями выявлено, что возобновление сосны на вырубках приурочено к выгоревшим местам (Давыдов, 1934; Побединский, 1955; Иванов, 1965; Белов, 1973). Санникова (1977) считала, что одной из главных причин хорошего возобновления хвойных пород является резкое снижение потребления семян мышевидными грызунами. При умеренном воздействии огня происходит изменение лесорастительной среды, сопровождаемое минерализацией грубого гумуса, понижением кислотности почвы и усилением в ней процессов нитрификации. Это способствует не только появлению самосева, но и ускорению его роста. Однако сильное и продолжительное воздействие огня на почву может вызвать ухудшение ее физических свойств. При сильном прогорании почвы плотность ее увеличивается в 5 раз (Попова, 1979).

В Сибири попытки лесовосстановления вырубков посевом многочисленны. По данным А. И. Бузыкина (1964) лучшие результаты получены им при посевах семян сосны в бороздки (глубиной 1–2 см по минеральному слою) и в дно борозды (глубиной 15 см и шириной 30 см) на горячих. Подобные результаты получены и другими исследователями (Медведева, 1966; Батин, 1988).

Несоответствие условий среды сплошных вырубок и антропогенно измененных темнохвойных лесов биологическим свойствам самосева хвойных древесных растений вызывает потребность проведения мер содействия естественному возобновлению путем контролируемых выжиганий. Эти мероприятия имеют следующие задачи: очистка вырубки от порубочных остатков; снижение пожарной опасности; подготовка благоприятного субстрата для всходов, сеянцев и саженцев; уничтожение конкурентной травянистой, древесной и кустарниковой растительности; борьба с вредителями молодняков (Медведева, 1975; Санников, 1978; Валендик, 1998). После проведения выжиганий пожарная опасность сохраняется только при наличии сухой травы. С появлением зеленой растительности вырубки становятся непожароопасными.

За рубежом широко распространено использование предписанных выжиганий сплошных вырубок с целью создания благоприятных условий для искусственного и естественного лесовосстановления. Так, в Финляндии еще в 20-е годы широко применялся метод посева семян сосны обыкновенной по снегу на участках выжженных в предыдущий год. Относительная площадь лесных культур, созданных по участкам подготовленным с использованием сплошного пала, сильно выросла в 60-е годы. Но к 80-м годам их доля значительно снизилась в связи с переходом лесного хозяйства Финляндии на плантационный способ лесовыращивания. В последние годы возрастающий интерес к природоориентированному способу ведения лесного хозяйства и сохранению биоразнообразия способствовал новому увеличению доли предписанных выжиганий в объеме лесокультурных работ (Malkonen, Levula, 1996). Подобная тенденция наблюдалась и в Канаде. В США же контролируемый огонь как применяли, так и продолжают применять для успешного лесовосстановления вырубок (Davis, 1959; Wade, Lunsford, 1989; Hardy, Arno, 1996). Но в то же время, по данным Макрае (McRae, 1983) значительной разницы между подготовкой площади предписанными выжиганиями или механической подготовкой почвы (бульдозерные полосы и др.) в показателях роста лесных культур не просматрива-

ется. Оттого надо выбирать наиболее дешевый способ, т. к. результаты во многих случаях одинаковы.

Поэтому актуальны следующие основные задачи: поиск более дешевого и эффективного способа подготовки почвы под лесные культуры и возможность замены посадки сеянцев посевом семян хвойных пород.

Ни у кого нет сомнения, что контролируемые выжигания – наиболее дешевый способ подготовки вырубки к лесовосстановлению. Основной целью их проведения на вырубках является обеспечение благоприятных условий для последующего лесовосстановления и снижение пожарной опасности.

Одним из условий успешного лесовосстановления является плодородие почв. Поэтому мы рассмотрели влияние контролируемых выжиганий на ее химический состав, температуру и микрофлору.

5.1.1. Влияние на свойства почвы и ее микрофлору

Влияние пожара на почву еще недостаточно изучено. Температура на поверхности почвы при пожаре может превышать 900°C, а температура в 200°C и выше является обычной при горении (Davis, 1959). Воздействие огня сильно зависит от вида пожаров и почв. Обычно обобщающие выводы даются для пожаров различного вида и интенсивности. При этом мало внимания уделяется пожарам слабой и сильной интенсивности.

По мнению Дэвиса (1959), существует четыре первоначально контролируемых изменчивых фактора, влияние которых должно быть разделено перед тем, как оценивать воздействие огня на почву:

- частота пожаров;
- интенсивность и продолжительность пожара;
- тип леса;
- почва.

Частота пожаров влияет на величину периода накопления горючих материалов. Наличие или отсутствие подстилки, опада или

других слоев и их масса являются одними из основных факторов (Белов, 1973).

Физические характеристики почвы, такие как структура, влагосодержание, содержание органического вещества, материнская порода и другие имеют важное значение при оценке воздействия огня на почву. Так песчаная и глинистая почва сильно различаются по физическим свойствам (Попова, 1979).

На основе анализа литературных данных по вопросу влияния пожаров на почву (Beadle, 1940; Sampson, 1944; Davis, 1959; Johnson, 1984) можно сделать следующие выводы:

- прямой эффект от прогреваемости почвы при лесных пожарах в большинстве случаев слабый: почва очень плохо проводит тепло;

- толщина и влажность напочвенных органических слоев влияют на прогревание почвы;

- изменения в микробиологическом компоненте почвы более важны, чем прямое прогревание почвы или изменения в химическом составе;

- часто повторяющиеся пожары оказывают очень сильное отрицательное воздействие на почву, особенно на горные или нестабильные почвы;

- послепожарные изменения химического состава почвы чаще всего благоприятны для лесовозобновления.

Влияние пожаров на температуру и влажность почвы различно. Оно зависит как от интенсивности пожара, так и от места его действия. Прогрев почвы по глубине является основным фактором воздействия огня на почву. При лесных низовых пожарах, когда сгорает 2–3 кг/м² материалов, температура поверхности почвы, как правило, не превышает 100–120°C, а если подстилка сырая, то она остается несгоревшей. Даже сжигание на 1 м² в течение 1 часа 200 кг сухих дров не поднимает температуру верхнего пятисантиметрового слоя супесчаной почвы выше 500°C (Белов, 1982).

Основная доля тепла при низовых пожарах уносится нагретыми газами вверх, а рассеивание энергии теплопроводностью составляет небольшую долю от всего расхода тепла. Рассеивание

тепла низовых пожаров в окружающую среду в среднем составляет: излучение в стороны – 18–20 % по некоторым данным – 25 % (Humphreys, Craig, 1981); конвекцией и излучением вверх – 70–80 %; теплопроводностью в почву – 3–5 % (Амосов, 1958; Белов, 1973; Humphreys, Craig, 1981; Белов, 1982).

Основные математические модели, описывающие прогревание почвы, удивительно хорошо объясняются ее физическими свойствами (Campbell, Tanton, 1981). Почва – очень плохой проводник тепла. Ее теплопроводность уменьшается по мере увеличения содержания органики и пористости почвы. Частично разложившееся органическое вещество очень плохо проводит тепло, в основном из-за высокой пористости, что подтверждается теплоизолирующими свойствами лесной подстилки. Воздух, как известно, является одним из лучших теплоизоляторов, его теплопроводность крайне мала. Каменистые и песчаные почвы нагреваются быстрее, чем глинистые, в основном из-за того, что камень лучше проводит тепло. В сельском хозяйстве эти почвы известны как теплые по сравнению с глинистыми. Влага увеличивает теплопроводность почвы, но в то же время отрицательный эффект на почвенную температуру во время пожара нивелируется эффектом охлаждения от испарения влаги. Это означает, что, хотя влажные почвы лучше проводят тепло, но требуется намного больше энергии, чтобы нагреть их до критических для органического вещества температур. Влажные почвы в основном являются холодными.

Но еще большее значение для температурного режима почв имеет верхний слой полуразложившихся растительных остатков или лесная подстилка, которые обычно присутствуют в растительном сообществе и накапливаются в течение многих лет. Часто подстилка является основным видом горючего материала при растительных 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 разрушительно, особенно на бедных почвах. В то же время, сгорание большого количества горючих материалов не обязательно ведет к повреждению почвы. Так, в хвойных лесах

толстый слой подстилки накапливается под старыми деревьями на глубоких богатых почвах. При пожаре сгорает только часть подстилки, почва и нижняя часть подстилки при этом, как правило, остаются влажными. В такой ситуации прямой эффект на почву незначителен. И только при сильной засухе вся подстилка может быть уничтожена огнем, а также, если в течение нескольких лет вслед за первым пожаром по площади пройдет еще один пожар, сжигая оставшуюся часть подстилки. Обнажение же минерального слоя почвы вследствие уничтожения растительного покрова, особенно в результате повторяющихся пожаров, может привести к эрозии и увеличению поверхностного смыва почв. Это наиболее встречающийся, долгосрочный и разрушительный результат пожаров (Viro, 1974; Gossow, 1996; Malkonen, Levula, 1996).

Также установлено, что в первые 3–5 лет после пожара в верхних горизонтах почвы происходит значительное увеличение содержания легкодоступных растениям зольных элементов и минеральных форм азота (Сушкина, 1931). Объемный вес подстилки после пожара увеличивается в 2–3 раза (Санникова, 1977).

В сосняках Иркутского Приангарья, произрастающих на слабодерново-среднеподзолистой супесчаной почве, после лесного пожара слабой, средней и сильной интенсивности, наблюдалось увеличение аммонийного азота. Причем, максимальное количество аммония было отмечено при сильной интенсивности огня – 93.6 мг на 100 г почвы. Содержание подвижных соединений калия и фосфора увеличилось в два-три раза. Значительно снизилась гидролитическая кислотность. Меняется и суммарная биологическая активность почв. Хотя по истечении четырех и более лет эти показатели выравниваются по сравнению с негоревшими участками. Сильное и продолжительное воздействие огня на почву может вызвать ухудшение ее физических свойств. При сильном прогорании почвы плотность ее увеличивается в 5 раз (Попова, 1979).

При пожарах сгорает органическое вещество в виде порубочных остатков, опада, мхов и подстилки, которые, не сгорев в естественных условиях, оказывают очень слабое влияние на плодородо-

дие почвы, потому что очень медленно проходит процесс разложения. С точки зрения плодородия почвы они важны только в будущем, как запас питательных веществ. После пожара плодородие участка остается на высоком уровне в течение длительного времени. Выжигание горючих материалов, несомненно, вызывает большие потери органического азота, но в то же время ведет к увеличению количества минерализованного азота. Особое внимание должно быть уделено наличию большого количества обменного кальция. Большинство почв бедны кальцием и поэтому отчетливо наблюдается позитивная зависимость между количеством кальция и плодородием почвы. Это также важно в связи с благоприятным действием кальция на азотфиксирующие микроорганизмы. Не исключено, что пожары вызывают незначительные потери магния и других микроэлементов, но это практически не влияет на плодородие почвы. Возможно, что потери фосфора были бы более чувствительны, но исследования не показали этого факта (Viro, 1974; Humphreys, Craig, 1981; Malkonen, Levula, 1996).

Подзолистые почвы по своей природе кислые и имеют тенденцию к закислению под хвойными деревьями, особенно под елью. Согласно литературным данным, кислотность почвы оказывает значительное влияние на ее плодородие, и определяет биологическую активность, например, азотфиксацию, разложение органических остатков и др. Вмывание золы, послепожарная травянистая растительность, мягколиственные древесные породы, которые поселяются на гарях как пионеры, снижают кислотность почвы на 2–3 единицы, способствуя этим биологической активности на данной территории (Viro, 1974).

Явного влияния пожара на структуру почвы не обнаружено. Это обусловлено тем, что при лесных пожарах температура почвы не достигает значений, при которой могут произойти ее структурные изменения. Термическое разрушение органических веществ, т. е. процесс окисления, протекает относительно медленно при температуре 200°C, быстро – при 400°C. Изменения же агрегатного состояния минеральной части почвы не происходят даже при

температуре 400°C, когда все органическое вещество почвы разрушено. При выжиганиях порубочных остатков не наблюдалось изменений структуры по почвенному профилю. Только повальные верховые пожары могут вызвать некоторые изменения в структуре верхнего (2,5 см) слоя почвы. Небольшие структурные изменения происходят в дальнейшем из-за вымывания зольных веществ с поверхности почвы в более глубокие горизонты. Небольшие изменения пористости почв были зафиксированы только при достижении температуры 365°C, а слабые даже увеличивают объем крупных почвенных пор, по крайней мере, временно (Humphreys, Craig, 1981).

Влияние низового пожара на влажность почвы различно. Оно зависит как от силы пожара, так и от особенностей местоположения участка. На равнинных местах запасы влаги на глубинах 5, 50 и 100 см одинаковы как на прогоревших, так и на негоревших участках, что можно объяснить уменьшением транспирации после отпада значительной части растительности.

Не выявлено и заметных различий во влажности приземного слоя воздуха на прогоревших и контрольных участках.

В тоже время процесс оттаивания почвы ускоренно протекал на участках, пройденных пожаром. Усиленный прогрев поверхности почвы в дневное время на участках с огненным воздействием выглядит особенно контрастно при сопоставлении максимальных температур. Контраст наиболее значителен в первый послепожарный сезон. Разность максимальных температур в жаркие дни выходила за пределы 20°C, но в среднем составляла 10–12°C. Во втором сезоне она была уже вдвое меньше в жаркие дни (6–8°C) и почти совсем отсутствовала в обычную погоду. Разность срочных температур в меньшей степени зависит от погоды. Минимальные температуры были почти одинаковыми. Систематическая положительная разница в максимальных и срочных температурах на поверхности почвы естественно сопровождается усиленным прогревом почвы на разных глубинах и, прежде всего, вблизи поверхности. На глубине 10 см разность температур между горевшими и контрольными участками состави-

ла 2–5°, на 50 см – 1–3°, на глубине 120 см – 1–2° (Евдокименко, 1979).

Из-за сложности проведения точных экспериментальных работ почвенные микрофлора и фауна, такие как высшие растения и позвоночные, не настолько глубоко исследованы в отношении влияния на них пожаров. То есть послепожарная экология почвенных организмов до конца не выяснена. Поскольку почвообитающие виды сильно различаются по форме, размеру, жизненному циклу и другим параметрам, проводить обобщение весьма трудно и часто они могут быть ошибочны. Идентификация видов также очень сложна и требует много времени. Поэтому все сообщения ограничены большими группами лишь с эпизодическими ссылками на виды. Так имеются несколько сообщений о присутствии водорослей на выжженной площади. Как пионеров влажных сгоревших участков Веретенникова (1963) отмечала одноклеточные, нитевидные водоросли и предположила, что они подготавливают условия для роста высших растений.

Влияние прогревания среды на микроорганизмы многосторонне, особенно в такой гетерогенной среде как почва. Обычно, при прогревании почвы количество микроорганизмов в ней в первое время уменьшается. Несмотря на то, что при низовых лесных пожарах температура поверхности подстилки колеблется в пределах от 93° до 720°С, температура верхнего трех-четырёх сантиметрового слоя почвы не превышает 50–80°С. Длительность воздействия такой температурой измеряется несколькими минутами (Kozlowski, Ahlgren, 1974). Незначительные различия в популяции почвенных микроорганизмов до и сразу после прогревания могут быть объяснены относительно низкими температурами почвы. Температура свыше 127°С стерилизует почву, а воздействие 70°С убивает неспорообразующие грибы, простейшие и некоторые бактерии (Grasso et. al., 1996), но практически не влияет на спорообразующие бактерии (*Bacillus* spp. и *Clostridium* spp.). Как и другие исследователи Грассо (Grasso et. al., 1996) отмечал рост количества гетеротрофных бактерий, включая и спорообразующие, в экспериментах по прогреванию почвы. Несмотря на то, что общее

количество бактерий в почве сразу после пожара обычно уменьшается, но из-за быстрого роста через некоторое время их количество превышает количество бактерий в образцах почвы, не подвергнутых обработке. Через тридцать дней после обработки количество гетеротрофных бактерий, включая аэробные и анаэробные спорообразующие, уменьшилось и достигло значений, сходных с контрольными (не подвергающимися прогреванию) образцами (Grasso et. al., 1996). Vazquez et. al. (1993) предложил два возможных объяснения этого явления: постепенное вымывание зольных элементов в более глубокие слои, и уменьшение аэрации данных слоев почвы из-за высокого содержания мелких фракций золы. Последнее предположение подтверждается наблюдаемым уменьшением количества анаэробных спорообразующих бактерий.

Установлено, что актиномицеты могут составлять до 30% живых организмов в почве. Актиномицеты по требованиям к условиям среды схожи с бактериями, поэтому их послепожарное поведение схоже. Большинство лесных экологов часто встречаются с избытком плодовых тел определенных почвенных грибов, особенно дискомицетов, после лесных пожаров. Некоторые из этих грибов редко, или вообще не растут на негоревших площадях и в их названиях отражена эта особенность, например *Pyronema*. Вообще, как группа, почвенные грибы ассоциируются с кислыми почвами. Так как зола после вымывания снижает кислотность почвы, то это делает почву менее благоприятной для роста грибов. Но в отряд грибов входит очень широкий круг различных видов в сильной степени специализированных и с разными физиологическими требованиями. Следовательно, нельзя говорить о пользе или вреде выжиганий вообще для грибов (Ahlgren, 1974).

Исследования послепожарной почвенной фауны сильно различаются по методам, месту, времени, и интенсивности пожара. Но, не смотря на эти различия, можно сделать два обобщения. Первое: влияние лесных пожаров более существенно, чем степных. Существует множество возможных объяснений, но ни одно не является удовлетворительным. Виды, обитающие в степях, возможно, более адаптированы к сухим условиям, чем лесные виды, живущие в

холодной, влажной среде. Интенсивность горения может быть намного больше из-за наличия большого количества горючих материалов в лесу. Кроме того, большинство исследований на степных почвах были проведены на маленьких по площади участках, где реколонизация площади с негоревших участков, возможно, была быстрее. Второе: за исключением мезофауны и пауков, уменьшение численности популяции напрямую не зависит от прогревания почвы. Скорее это происходит из-за изменения условий среды: превращение условий в более сухие, уменьшение кормовой базы, а также увеличение амплитуды колебания суточных температур (Ahlgren, 1974). После проведения ряда экспериментов Warcup (1981) сделал вывод, что вряд ли какой-нибудь вид почвенной микрофлоры исключается с площади, хотя, существует большая разница в реакции различных видов на пожар.

При проведении экспериментальных контролируемых выжиганий мы исследовали их влияние на температуру и плодородие почвы. С этой целью проводили измерения температуры почвы на глубинах 1, 3, 5 и 8 см с помощью максимальных ртутных термометров и электротермометра ТЭТ-2. Для установки максимальных термометров подготавливались почвенные профили, и термометры устанавливались горизонтально в почву на указанных глубинах. Выкапывались максимальные термометры только после окончания горения. Замеры температуры электротермометром проводились на тех же глубинах, сразу по окончании пламенного горения в этой точке. Различия в показаниях колеблются в пределах 1–3 градусов. Скорость падения температуры почвы, определенная при помощи ТЭТ-2, составила, в среднем, от 0,5 до 5 градусов в минуту, в зависимости от влажности почвы. Параллельно при выжиганиях фиксировались следующие параметры: скорость распространения фронта горения, высота пламени, продолжительность пламенного горения, а также запас горючих материалов до и после выжигания. Также брались образцы почвы на глубине 0–5 и 5–10 см для агрохимического анализа.

Результаты измерений температур почвы при контролируемых экспериментальных выжиганиях на вырубках в низкогорной темнохвойной тайге приведены в табл. 5.1. Температура почвы при выжигании, по сравнению с фоновой, повысилась на 10-35°C, но при этом на глубине 1 см не превышала 50°C. Лишь в одном случае она поднялась до 65°C в точке, где порубочные остатки плотно прилегали к поверхности почвы, и отсутствовала лесная подстилка, которая, имея большую пористость и влажность, защищает почву от высоких температур (Vallette, 1994). При контролируемых выжиганиях различия в повышении температуры верхних слоев почвы на пасаках и при сгорании скоплений порубочных остатков небольшие, всего 8–9°C, несмотря на различия в показателях горения.

Влияние контролируемых выжиганий на этих вырубках на почвенную фауну беспозвоночных исследовалось сотрудниками Красноярского государственного университета под руководством Г. А. Соколова в 1998–1999 годах (Соколов, Богуш, 1999).

Таблица 5.1

Температура почвы в зависимости от интенсивности и продолжительности пламенного горения

Номер выжигания	Элемент лесосеки	Время пламенного горения, мин	Высота пламени, м	Температура почвы, град С на глубинах*			
				1 см	3 см	5 см	8 см
2/97	Пасака	12	0,7	-	34,5/14,5	27,0/14,0	20,0/12,5
3/97	Пасака	10	0,5	-	-	22,5/14,0	24,0/13,0
	Разделочная площадка	18	4,0	-	-	34,0/14,0	27,0/13,0
4/97	Пасака	25	0,8	-	-	24,5/11,0	24,3/10,4
	Разделочная площадка	36	2,0	-	-	27,0/8,0	25,5/8,0
5/97	Разделочная площадка	18	5,0	35,0/12,2	-	24,0/10,5	23,0/10,0
	Разделочная площадка	45	3,0	-	26,0/8,7	24,0/8,0	23,5/8,0
6/97	Пасака	12	0,3	30,0	30,0/14,0	22,0/12,8	-
	Пасака	15	0,3	20,0	28,5/14,0	22,0/12,8	-
7/97	Пасака	15	0,5	40,0/13,5	23,0/12,3	-	-
	Разделочная площадка	28	3,0	65,0/10,0	44,0/8,0	-	-
8/97	Пасака	30	0,8	45,0/13,3	22,0/11,7	-	-
	Пасака	20	0,3	22,0/13,2	22,0/11,4	-	-
2/99	Разделочная площадка	14	2,4	18,7/12,0	13,3/9,5	11,6/8,5	10,8/8,0
	Пасака	18	2,0	30,6/12,4	24,9/11,4	18,8/11,0	13,5/10,0
3/99	Разделочная площадка	22	2,4	39,9/18,3	28,1/16,0	21,3	15,6/14,0
4/99	Пасака	9	1,0	32,7/12,5	22,9/12,0	16,5	12,6/10,5
5/99	Пасака	17	0,4	21,8/13,2	15,6/10,8	11,6/10,0	10,4/9,8
7/99	Разделочная площадка	35	2,5	34,1/17,9	28,3/14,6	24,1/14,6	18,5/11,5
	Пасака	14	0,3	19,9/11,0	16,1/9,5	12,7/9,0	11,4/8,8

* - числитель – усредненная максимальная температура почвы, знаменатель – фоновая температура почвы (до горения)

Исследования почвенной фауны свидетельствуют, что пагубное воздействие высоких температур на беспозвоночных животных на однолетней вырубке проявилось в основном в подстилке. До выжигания было выявлено 17 групп беспозвоночных, после – 9 групп. В почвенном слое воздействие огня проявилось в гораздо меньшей степени, разницы в видовом отношении не отмечено. На свежей вырубке текущего года зафиксирована идентичная картина. До выжигания было учтено 11 групп беспозвоночных, после выжигания – 5. В почве до выжигания отмечалось 6 групп и после пала – столько же. И в том, и в другом случае в подстилке до выжигания число особей в три раза больше, чем после. Количество особей в почве практически не меняется. Таким образом, воздействие выжигания имеет неоднозначное значение для почвенных беспозвоночных, где наиболее уязвимыми являются животные, обитающие в подстилке. Поэтому очень важно строгое соблюдение технологий контролируемых выжиганий с целью наибольшего сохранения подстилки.

Агрохимический анализ почв на вырубке был определен до и после выжигания. Методика почвенно-агрохимических показателей использована общепринятая. Гумус определялся по И. В. Тюрину в модификации Никитиной, актуальная (рН Н₂O) и обменная (рН KCl) кислотности ионометрически (иономер универсальный ЭВ-74), гидролитическая кислотность (Н) определялась с помощью ацетата натрия ионометрически, сумма обменных оснований (Са и Mg) по Каппену-Гильковицу в модификации Годлина. Степень насыщенности основаниями (V) рассчитывалась по формуле $V = S / (S + H) \cdot 100$, нитратный азот (N NO₃) определялся ионселективным методом, подвижный фосфор (P₂O₅) по методу Кирсанова. В 1996 году были определены также подвижный калий (K₂O) по методу Кирсанова. Результаты анализа приведены в таблицах (табл. 5.2, 5.3).

Почвы на вырубках Усольского и Большемуртинского лесхозов характеризуются очень низким содержанием гумуса. По имеющимся классификациям степени гумусированности при содержании гумуса до 2% почвы определяются как очень слабо гу-

Таблица 5.2

Аналитическая характеристика почв

Вы- рубка	Глу- би- на, см	Гу- мус, %	РН		Мг-экв/100г почвы		V, %	Подвижные почвы, мг/кг	
			H ₂ O	KCl	H	Ca+ Mg		N- NO ₃	P ₂ O ₅
1/99									
До выжи- гания	0-5	1,86	5,52	4,70	4,71	10,8	69,3	4,01	2,5
В 1-й год после выжи- гания	0-5	2,41	6,05	5,45	3,79	25,2	86,9	13,8	45,5
4/96									
До выжи- гания	0-5	1,80	4,95	4,02	6,97	24,0	77,4	10,4	65,0
В 1-й год после выжи- гания	5-10	1,44	5,10	3,62	8,28	12,0	590	Сле- ды	175, 0

мусированные. Такое низкое содержание гумуса характерно для дерново-подзолистых почв.

По степени кислотности почвы относятся к сильнокислым и среднекислым. Причем, после выжигания существенно снижаются все формы кислотности, и т. ч. и гидролитическая, и резко повышается количество обменного кальция и магния (почти в два с половиной раза). Снижение кислотности и повышение суммы обменных оснований приводит к значительному повышению величины степени насыщенности основаниями (V), до 86,9 % в верхних горизонтах почвы после выжигания. Значительно активизируется нитрификационная способность почв. Содержание нитратов в почве после выжигания превышает в 3 раза количество азота в почве до выжигания. Этому способствует менее кислая реакция почвы, поступление зольных элементов, повышение насыщенности основаниями.

**Агрохимическая характеристика почвы на вырубке №4/96 до и после выжигания
(Предивинское лесничество)**

Глубина, см	рН сол.	Обменные, мг/экв./100 г		Подвижные по Кирсанову, мг/кг	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
До выжигания					
0–5	3,6	9,6	2,3	220,0	160,6
5–10	3,6	8,8	2,0	249,0	94,5
В первый год после выжигания					
0–5	5,9	53,3	10,7	580,0	1568,0
5–10	3,6	7,3	2,2	269,0	124,5

При сгорании порубочных остатков на вырубке образуется от трех до четырех тонн золы на 1 га. По мере вымывания минеральных соединений с поверхности почвы в более глубокие слои кислотность почвы уменьшается. В первый год после выжигания в пятисантиметровом слое почвы наблюдается резкое увеличение катионов кальция и магния, а также фосфора и калия. Через два года их количество уменьшилось и приблизилось к допожарному.

По содержанию подвижного фосфора почвы относятся к I классу обеспеченности, т. е. очень низкого содержания. В почвах после выжигания картина меняется, происходит увеличение подвижных фосфатов.

Таким образом, предлагаемая технология контролируемых выжиганий на вырубках в темнохвойных лесах не только исключает разрушительное влияние огня на почву, но способствует обогащению почвы микроэлементами, которые способствуют лучшей всхожести семян, развитию сеянцев и саженцев, особенно в первые годы.

5.1.2. Влияние на естественное и искусственное лесовосстановление

С целью оценки естественного возобновления после контролируемых выжиганий были заложены пробные площади на выжженных вырубках. Кроме того, были обследованы вырубки, пройденные стихийными пожарами (Фото 17–18).

Как известно (Обыденников, Кожухов, 1976; Игнатьева, 1988), на сплошных вырубках в темнохвойных лесах подзоны южной тайги плохое лесовосстановление является следствием задержания почвы злаками, в особенности, вейником. В случае прохождения вырубки стихийным пожаром естественный ряд развития типов вырубок сменяется паловым. Возобновление хвойных на таких вырубках приурочено к выгоревшим местам (Побединский, 1955; Санникова, 1977). Это подтверждается и нашими наблюдениями в Казачинском и Усольском лесхозах Красноярского края. Здесь в 1993–1994 годах лесными пожарами разной интенсивности было пройдено 4 тыс. га вырубков темнохвойных лесов. В табл. 5.3 представлена характеристика лесовосстановления в зависимости от стены леса. Через четыре года после пожара на вырубках под пологом кипрея только самосев ели, в зависимости от удаления от стены леса, составил до 33 тыс. шт./га. Возобновление на этих вырубках представлено также самосевом пихты, кедра и сосны.

Растущий под пологом леса подрост ели и пихты высотой до 3–4 м после рубки, как правило, погибает в первый год от избыточного освещения. Молодые деревья, находящиеся в фазе жердняка, вываливаются ветром в течение 2–3 лет.

В 1997 году были проведены экспериментальные работы по созданию лесных культур посевом и посадкой на вырубке после контролируемого выжигания.

В своей работе мы не ставили целью разработку каких-либо рекомендаций по лесовосстановлению вырубков после контролируемых выжиганий. Мы хотели только ответить на вопрос о возможности утилизации остатков органики с помощью огня, чтобы создать на вырубке благоприятные условия для прорастания семян и роста и развития сеянцев хотя бы в первые их годы.

Пробные площади по созданию лесных культур заложены на одной из сплошных вырубков темнохвойных лесов Енисейского края (Большемуртинский лесхоз), подготовленных под лесные культуры контролируемым выжиганием летом 1997 года (Фото 19–20). До рубки состав древостоя был 5ПЗЕ1Б1Ос, полнота

0,9, тип леса – пихтарник зеленомошно-разнотравный. Рубка велась зимой 1996/97 гг. машинами ЛП-49. Захламленность вырубki порубочными остатками составила 19.6 т/га, степень минерализации – 70 %. Полнота сгорания крупных порубочных остатков составила 48 %, напочвенных горючих материалов – 83 %.

Замеры температуры почвы во время проведения выжиганий показали, что температура на глубине 1 см не поднималась выше 40°C, и лишь единично достигала 65°C. Данные агрохимического анализа образцов почвы, взятых нами на вырубках до и через неделю после выжигания, приведены в таблицах (Табл. 5.2, 5.3). Результаты анализа подтверждают ранее опубликованные данные о повышении плодородия почвы после пожара.

В ходе работ вырубку разделили по степени сгорания подстилки на 3 категории:

- сильно прогоревшая – подстилка сгорела более чем на 80 %;
- средне прогоревшая – подстилка сгорела на 31–80 %;
- слабо прогоревшая – подстилка сгорела до 30 %.

Первый этап работ по лесовосстановлению проведен в сентябре в год выжигания: осуществлен посев семян ели на участках размером 1×1 м с нормой высева 50, 150, 300 и 450 шт./м². Для каждого разряда густоты посева заложены по две площадки: с разбросом семян без их заделки и разбросом с заделкой способом боронования (граблями).

Второй этап работ был проведен (совместно с сотрудником Института леса СО РАН Вараксиным Г. С.) в июне 1998 года. Посадка трехлетних сеянцев кедра сибирского произведена на участках с разной степенью прогорания подстилки. Кедр высаживался биогруппами под меч Колесова: 5 сеянцев на площадке 1×1 м, конвертом.

Помимо этого произведены посевы семян ели, сосны и лиственницы различными вариантами.

На площадках 1×1 м со средней степенью прогорания подстилки разбросом, без заделки с нормой высева: 30 шт. – сосна и ель, 40 шт. – лиственница.

На площадках 5×5 м со средней и слабо прогоревшей подстилкой биогруппами 1×1 м, где в точках конверта по минеральному горизонту почвы проводились бороздки глубиной 1–2 см и длиной 5 см, с заделкой семян присыпанием почвой и придавливанием. При этом в каждую бороздку высевалось по 6 семян ели и сосны или по 8 семян лиственницы.

Для ели дополнительно был произведен посев на площадках с сильным прогоранием подстилки (толщина слоя золы от 1 до 3 см).

Посевы в строчку с заделкой легким боронованием (по 3 строчки длиной 5 м для каждой породы), проводились по бороздам глубиной 1–1,5 см в оставшейся после выжигания подстилке со средней степенью прогорания.

Рядом исследователей (Давыдов, 1934; Побединский, 1955) установлено, что наилучшая всхожесть семян на вырубках приурочена к минерализованным участкам, поэтому на трелевочном волоке в качестве контрольных были проведены посевы конвертом 2×2 м.

Лабораторная всхожесть семян составила: для ели – 46 %, лиственницы – 67 %, сосны – 80 %.

Обследование опытных лесных культур было проведено в последних числах августа 1998 года.

Максимальное количество всходов ели – 7 шт./м² отмечено на участке с заделкой семян боронованием.

На площадях весеннего посева ели, сосны и лиственницы путем разброса семян по поверхности почвы было обнаружено только 3 всхода лиственницы на 1 м² из 40 высеянных, всходов ели и сосны не обнаружено. Обследования показали, что большая часть семян и всходов уничтожены птицами и грызунами. Особенно это проявляется при осенних посевах.

При посеве биогруппами лучшие результаты получены для лиственницы – 20 % (в биогруппе от 1 до 5 всходов), сосны – 10 % (до 3 шт.) и ели – 3 % (1 шт.).

На площадях с сильным прогоранием подстилки на каждую пятисантиметровую бороздку зарегистрированы единичные всхо-

ды ели. Плохую всхожесть семян на площадях, пройденных огнем сильной интенсивности, можно объяснить наличием плотной корки золы, не дающей всходам возможности пробиться на поверхность.

При посевах в бороздки с последующим боронованием (вариант 4) хорошие и дружные всходы дали лиственница и сосна: примерно 60 % всходов от количества высеванных семян; ели – 5–10 %. Семена, посеянные на глубине 2–3 см от поверхности подстилки, хотя и проросли, но не смогли выйти на поверхность.

На механически минерализованных (контрольных) участках вырубки полевая всхожесть сосны – 45 %, лиственницы – 40 % и ели – 30 %.

Приживаемость сеянцев кедра на площадях со слабой и средней степенью прогорания подстилки составила 80 % и 70 % на площадках с сильной степенью прогорания.

По данным Большемуртинского лесхоза на подготовку площади под лесные культуры контролируемым выжиганием было затрачено в среднем в 6–8 раз меньше средств, чем при механизированной подготовке.

Таким образом, опыты показали, что:

- контролируемые выжигания значительно снижают пожарную опасность на вырубках, что способствует сохранности появившегося после них возобновления от стихийных пожаров;

- подготовка почвы под лесные культуры контролируемым выжиганием более эффективна и экономична, чем механическая;

- приживаемость посадок на выжженных вырубках в 2–3 раза выше, чем на не выжженных;

- весенние посевы имеют лучшую приживаемость всходов по сравнению с осенними, при этом всхожесть посевов, проведенных в бороздки глубиной 1–1,5 см по оставшейся после выжигания подстилке, значительно выше.

5.2. Влияние продуктов горения на воздушное пространство

При контролируемых выжиганиях образуется разное количество дыма, но даже небольшой объем которого может вызвать серьезные проблемы. В то же время не должно создаваться мнение, что дым - это всегда плохо. Пожары и задымление от них во многих случаях являются естественным фактором жизни многих экосистем. Понимание механизмов образования и переноса дыма может позволить в значительной степени уменьшить вредное влияние его на окружающую среду. В этом разделе мы рассмотрим процесс горения, влияние свойств горючих материалов на образование дыма, характеристики эмиссий, а также воздействие дыма на качество воздуха и здоровье человека.

Мы проанализировали литературные данные по этой проблеме. В России такие исследования до сих пор не проводились. Обобщение зарубежного опыта по контролируемым выжиганиям и, в частности, по управлению задымлением при их проведении (Bradshaw, Fishcer, 1981; Breysse, 1984; NWCG, 1985; Ward, 1997) позволило сформулировать основные положения о влиянии предписанных выжиганий на атмосферу, которые мы рассматриваем ниже.

При лесных пожарах обычно выделяют пламенное и беспламенное горение. Однако процесс горения на самом деле более сложен. Более правильно было бы выделить четыре фазы: предвоспламенение, пламенное горение, беспламенное горение и тление.

В фазе предвоспламенения горючие материалы, расположенные перед фронтом пожара, нагреваются; вода поднимается на их поверхность и испаряется. По мере их высыхания инертная температура повышается, отдельные компоненты древесины разлагаются, испуская при этом струю горючих органических газов и паров. Этот процесс называется пиролиз. Так как газ и пар очень горячие, при смешении с кислородом они воспламеняются. С этого начинается вторая фаза – пламенное горение.

В начале пламенной фазы температура горючих материалов быстро повышается. Пиролиз ускоряется и сопровождается быстрым окислением (пламенным горением) горючих газов, количество которых возрастает. Продуктами пламенного горения являются в основном двуокись углерода и водяной пар. Водяной пар в этом случае образуется не в результате дегидратации горючих материалов, а это, вероятнее, продукт реакции горения. Температуры в этой фазе колеблются в диапазоне 300–1500°C. Некоторые пиролизованные вещества остывают и конденсируются, не проходя через пламенную зону. Другие вещества проходят через пламенную фазу, но окисляются лишь частично, образуя при этом разнообразные эмиссии. Здесь происходит синтез макромолекулярных органических соединений. Многие органические соединения низкого молекулярного веса остаются в виде газов и движутся по ветру; некоторые соединения с высоким молекулярным весом остывают и конденсируются в капельки смолы и твердые частицы сажи по мере своего выхода из пожара. Эти частицы образуют видимый компонент дыма. Чем ниже эффективность сгорания, тем больше образуется сажи и смолы.

В беспламенной фазе общая скорость реакции горения падает до точки, на которой концентрация горючих газов над горючими материалами становится слишком низкой, чтобы поддерживать постоянное пламя. Следовательно, температура падает, и конденсируются газы. Эти конденсаты уходят в атмосферу в виде дыма. Скорость выхода тепла в беспламенной фазе горения редко бывает достаточна для того, чтобы образовывать конвективную колонку, поскольку дым стоит низко над землей в относительно высокой концентрации и, таким образом, влияет на качество окружающего воздуха. В дыме, образующемся в этой фазе, нет сажи; он состоит в основном из капелек смолы менее 1 мкм в диаметре.

Ближе к концу беспламенной фазы образование продуктов пиролиза прекращается, и горючие материалы превращаются в черный уголь. Начинается последняя фаза горения – тление.

К началу тления все летучие вещества горючих материалов уже вышли. Теперь горючие материалы становятся доступны для

кислорода воздуха. Поверхность древесного угля начинает гореть с характерным желтым свечением. Видимого дыма нет. Основные продукты тления – окись и двуокись углерода. Эта фаза продолжается до тех пор, пока температура не упадет совсем или пока не останется лишь негорящая серая зола.

Горение при лесных пожарах, даже в самых благоприятных условиях, не представляет собой эффективного процесса с химической точки зрения. Во-первых, влага, содержащаяся в горючих материалах, поглощает часть тепловой энергии и, таким образом, снижает температуру горения. Во-вторых, значительная часть теплоты теряется в почву и окружающий воздух. В-третьих, свежий воздух, двигаясь вокруг и внутрь пожара, охлаждает зону горения. Кроме того, иногда бывает недостаточно кислорода для оптимального горения, что ведет к увеличению объема видимого дыма.

Количество влаги в горючих материалах сильно влияет на скорость воспламенения и эффективность сгорания живой и мертвой растительности. Влияя на температуру пламени и, следовательно, на эффективность горения, влажность горючих материалов воздействует на объем и характер эмиссий. Но, несмотря на то, что эмиссий на единицу сгорающих горючих материалов будет больше при более высокой влажности последних, общий объем эмиссий от всего пожара может быть меньше, если какие-то фракции горючих материалов сгорают не полностью.

Полнота сгорания зависит от влагосодержания лесных горючих материалов. При этом время выгорания горючего материала остается приблизительно постоянным, независимо от условий сгорания и определяется главным образом характерным размером частиц горючего материала. Таким образом, скорости сгорания лесных горючих материалов и выделения газообразных продуктов сгорания определяется, главным образом, классом пожарной опасности по условиям погоды, а также типом горючего материала, в котором определяющий параметр – объемно-поверхностное отношение частиц горючего материала.

Общий объем дыма, образующегося при контролируемых выжиганиях, определяется, в основном, количеством поглощенных горючих материалов. Образование дыма может продолжаться от нескольких минут до нескольких недель, в зависимости от характера воспламенения и свойств напочвенных горючих материалов. Характер горения и образования дыма зависит, в основном, от влажности горючих материалов и их физических свойств, таких как размер частиц, их структура и запас.

На количество дыма также влияет плотность горючих материалов и их размер. Так, слои горючих материалов, состоящие из мелких элементов, например, слоя хвой можжевельника или сосны, будут гореть медленнее, чем слои, состоящие из более длинной хвой, потому что слои короткой хвой более уплотнены и эффективность горения падает.

Чем больше объем сгорающих горючих материалов, тем больше образуется дыма. Скорость дымообразования возрастает с увеличением скорости распространения огня. И чем больше количество горючих материалов на единицу площади, тем больше дыма. Например, выжигание куч порубочных остатков характеризуется самым сильным отрицательным воздействием на качество воздуха. Горизонтальная и вертикальная сомкнутость горючих материалов также влияет на образование дыма через количество поглощаемых горючих материалов.

В настоящее время еще относительно мало известно о продуктах горения лесных горючих материалов. Углерод, содержащийся в горючих материалах, превращается в продукты сгорания, многие из которых не окисляются до конца. Таким образом, продукты горения лесных горючих материалов образуют в основном углеродосодержащие соединения, из которых самое серьезное загрязнение вызывают потоки макрочастиц и окись углерода. Другие соединения, например, окислы азота и серы, присутствуют лишь в незначительных количествах. У многих соединений высокая точка кипения, и у них наблюдается тенденция к конденсации в капли, образующие облака дыма.

Два продукта полного сгорания – двуокись углерода и вода составляют более 90% общих эмиссий природных пожаров. В идеале для полного сгорания 1 тонны лесных горючих материалов требуется 3,5 тонны воздуха, и при этом образуется 1,84 тонны двуокиси углерода и 0,54 тонны воды. Однако в природных условиях сгорание неэффективное и количество этих двух продуктов варьирует.

На первый взгляд горение биомассы не влияет на баланс атмосферного углерода, поскольку оно возвращает в атмосферу углекислоту, поглощенную растениями ранее. Однако скорость замены сгоревшей биомассы возобновлением мала, поэтому двуокись углерода, накапливается в атмосфере и вносит вклад в «парниковый эффект». Известно, что 45 % сухого вещества состоит из углерода, поэтому, если известно количество сгорающей биомассы, то баланс можно выразить в количестве сгоревшего углерода. Практически сгорание биомассы происходит не полностью, поэтому в результате реакции кроме CO_2 и воды образуются CO , CH_4 и другие углеводороды и микрочастицы углерода, которые мы видим как дым при горении.

Агрессивный химический элемент, окись углерода, CO , образуется при неполном сгорании горючих материалов. В результате эффективность горения можно оценить, используя отношение двуокиси углерода к сумме двуокиси углерода и окиси углерода, образуемых при горении. Окись углерода образуется больше при беспламенном горении лесных горючих материалов. В среднем при лесных пожарах образуется 60 кг CO при сгорании 1 тонны горючих материалов. Концентрации CO около 200 частей на миллион были обнаружены около кромки пожара. Однако, концентрация CO резко падает при удалении от кромки пожара уже на 20–30 м, т. к. окись углерода реагирует с кислородом воздуха и образует двуокись углерода (Ward, 1997).

Количество биомассы M , (в граммах сухого вещества в единицу времени), сгорающей в экосистеме, на площади A , пройденной огнем, можно найти по формуле (Seiler, Crutzen, 1980):

$$M = A \times V \times \alpha \times \beta \quad (1)$$

где V – среднее количество органического вещества на единицу площади в экосистеме (грамм сухого вещества на кв. м); α – доля лесных горючих материалов от общей биомассы V ; β – полнота сгорания лесных горючих материалов V ; α , β зависят от вида экосистемы.

Данная формула может быть полезна при оценке количества сгоревшей биомассы, если известна общая площадь, пройденная огнем.

При уменьшении эффективности сгорания, количество углерода, превращающегося в двуокись углерода, уменьшается, в то время как его содержание в других углеродистых соединениях продуктов горения увеличивается. Двуокись углерода не считается поллютантом, а окись углерода, углеводороды, окислы азота и серы относятся к загрязнителям.

Окись углерода – это загрязнитель воздуха, образующийся в самых больших количествах при контролируемых выжиганиях. Отрицательное воздействие ее на здоровье человека зависит от длительности нахождения его в атмосфере, насыщенной окисью углерода и от ее концентрации, а также от физической нагрузки в таких условиях. В то же время, окись углерода разжижается довольно быстро и угроза здоровью человека снижается.

Углеводороды – это класс очень разнообразных соединений, содержащих водород, углерод и иногда кислород. Обычно, при рассмотрении состава эмиссий все газообразные углеводороды объединяют, хотя большинство поллютантов углеводородов могут и не наносить ущерба здоровью людей.

Окислы азота при контролируемых выжиганиях образуются в небольшом количестве, в основном они выделяются при окислении азотсодержащих горючих материалов. Таким образом, самые крупные эмиссии окислов азота выделяются при горении горючих материалов с высоким содержанием азота. В большинстве горючих материалов содержится менее 1 % азота. 20 % этого количества при горении превращается в окись азота.

Окислы серы в эмиссиях также присутствуют в ничтожных количествах, потому что содержание серы в горючих материалах

низкое. Как и азот, сера улетучивается при горении. Считается, что углеводороды, окислы серы и окислы азота не представляют проблемы при проведении предписанных выжиганий и не оказывают большого влияния на качество воздуха.

Эмиссии твердых примесей снижают уровень видимости, в них концентрируются опасные газы. Они создают опасную обстановку для восприимчивых людей. Вдыхается более 90 % всей массы твердых примесей. В основном это частицы, которые, благодаря своим малым размерам, отличаются особенно длительным временем пребывания в атмосфере и проникают глубоко в легкие. Мелкие дымовые частицы тоже значительно рассеивают видимый свет и снижают уровень видимости.

Микрочастицы образуются при некоторых крупных лесных пожарах со скоростью 0,6 тонн в секунду (Wade, Ward, 1973). При этом наибольшее количество частиц имеет размеры от 2 до 10 микрон (Radke et. al., 1988). При беспламенном горении образуется больше тонких микрочастиц, чем при пламенном горении. При этом от 90 до 100 % массы микрочастиц дают тонкие частицы. При пламенном горении тонкие частицы составляют от 80 до 95 % в зависимости от турбулентности в зоне горения и других факторов. Наиболее тонкие частицы содержат от 60 до 70 % углерода (Ward, Hardy, 1989). Количество этих частиц, попадающих в воздух, зависит от объема и вида сгорающих горючих материалов, их влажности, а также скорости распространения горения, которая в свою очередь определяется сезонностью выжигания и методами зажигания. Скорость дисперсии дыма зависит в основном от стабильности атмосферы и скорости ветра.

Так как твердые примеси, выделяющиеся при контролируемых выжиганиях в неблагоприятных погодных условиях, вызывают наиболее серьезные последствия, необходимо знать, сколько дыма образуется при выжигании. Количественными характеристиками дыма являются коэффициенты эмиссии и скорости эмиссии.

Коэффициент эмиссии для твердых примесей – это масса твердых примесей, образующаяся на единицу массы поглощаемых горючих материалов, т. е. г/кг в метрической системе и фунт/тонн

в английской системе. Коэффициенты эмиссий, указанные для лесных горючих материалов в различных литературных источниках, варьируют от 4 до 180 фунт/т в зависимости от типа горючего материала, его структуры и от характера горения. При пламенном горении образуется намного меньше твердых примесей, чем при беспламенном.

Коэффициенты эмиссий для других продуктов горения, например, газов, тоже значительно варьируют в зависимости от стадии горения. При очень неблагоприятной погоде эмиссионный коэффициент окиси углерода в фазах беспламенного горения и тления может превышать 500 фунт/т. В противоположность этому, эмиссионные коэффициенты окиси азота и серы достигают наибольших значений при высоких температурах, т.е. при высокоинтенсивных пожарах. Однако при этом их количества не значительны.

Скорость эмиссии – это количество дыма, образующееся в единицу времени (фунт/мин). Концентрации твердых примесей в дыме по ветру связаны прямым отношением со скоростью эмиссии над источником пожара; на скорость эмиссий, в свою очередь, влияет количество сгорающих горючих материалов, скорость их сгорания, а также эмиссионный фактор каждого горючего материала.

Скорость эмиссии равна произведению доступных горючих материалов на скорость горения и коэффициент эмиссии.

Доступными горючими материалами считаются вещества, действительно поглощаемые огнем, как в пламенной, так и в беспламенной фазе горения. Их количество обычно измеряется в тоннах на акр. Количество доступных горючих материалов обычно меньше, чем их общий запас. Скорость горения можно выразить как площадь, сгорающую в единицу времени.

Скорость эмиссии используется при разработке моделей для прогнозирования концентраций твердых примесей. Эти модели применяются в США и Канаде для оценки воздействия дыма на уровень видимости на участках повышенного риска, например, в городах, на автострадах и в аэропортах.

Остаточный дым – это дым, образующийся при беспламенном горении и не входящий в конвективную колонку. Почти при всех контролируемых выжиганиях в течение активной стадии горения беспламенное горение возникает в непосредственной близости от горючих материалов, горящих пламенем. Большая часть дыма от горючих материалов, подверженных беспламенному горению, попадает в конвективную колонку и уносится в атмосферу. Когда пламя исчезает, конвективная колонка рассеивается, и весь дым, образованный после этого в фазе беспламенного горения, остается висеть низко над землей и называется остаточным.

Сразу после рассеивания дымовой колонки беспламенное горение редко вызывает проблемы с уровнем видимости по ветру от выжженной площади. За счет отсутствия вертикального движения дым концентрируется у земли. Если остаточный дым образуется лишь в течение короткого времени после завершения пламенного горения, то горизонтальная и вертикальная дисперсия от движения воздуха могут быть достаточны, чтобы не возникло проблемы задымления.

Общий подъем дымового облака обуславливается гидродинамикой и силами плавучести (тепловой подъем) и определяется формулой (Рихтер, 1975)

$$\Delta h = V_r \left(\frac{K_{r2}}{D_0 u} + \frac{K_T g \Delta T}{\varepsilon_y u^3 T_r} \right) \quad (2)$$

Здесь u – средняя скорость ветра; V_r - объем уходящих в единицу времени газов; $K_T = 0,37$, $K_{r2} = 2,35$, ε_y – степень турбулентности; ΔT – перепад температуры, D_0 – диаметр дымового источника.

Из анализа этой формулы следует, что высота подъема дыма снижается с ростом скорости ветра, причем величина теплового подъема уменьшается значительно быстрее, чем подъем облака, обусловленный гидродинамикой истечения струи.

Для определения концентраций дыма в зоне лесных пожаров и распространения аэрозоля было найдено уравнение (Гришин, 1992):

$$\frac{\partial \varphi_{\alpha}}{\partial t} + u \frac{\partial \varphi_{\alpha}}{\partial x} + v \frac{\partial \varphi_{\alpha}}{\partial y} = \mu_{\alpha} \Delta \varphi_{\alpha} - \sigma_{\alpha} \varphi_{\alpha} + f_{\alpha} \quad (3)$$

При $\sigma_{\alpha} = 0$ и $f_{\alpha} = Q_{\alpha} \delta(\vec{r} - \vec{r}_0)$, где $\delta(\vec{r} - \vec{r}_0)$ – дельта-функция, \vec{r}_0 – радиус-вектор точки, где в атмосферу поступает аэрозоль с интенсивностью Q_{α} , \vec{r} – радиус-вектор любой точки в плоскости (x, y) уравнение имеет точное решение:

$$\varphi_{\alpha 0} = \frac{Q_{\alpha}}{2\pi\mu_{\alpha}} \exp\left\{\frac{u(x-x_0) + v(x-x_0)}{2\mu_{\alpha}}\right\} \times K_0\left(\frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{2\mu_{\alpha}} |\vec{r} - \vec{r}_0|\right) \quad (4)$$

Таблица 5.4

Влияние концентраций дыма на видимость (Quide, 1989)

Концентрация дыма (микрограмм/м ³)	Видимость (км)
125	3,2–12,8
250	1,6–6,4
500	0,8–3,2
1000	0,4–1,6

Таким образом, зная интенсивность выделения аэрозоля, можно приближенно определить высоту подъема и его концентрацию на определенном расстоянии.

На практике концентрации дымовых частиц определяют приближенно по расстоянию видимости (табл. 5.4). Проблемы загрязнения возникают часто, когда остаточный дым стоит ночью. При равнинном рельефе скорость ветра ночью обычно минимальная, поэтому вокруг выжженной площади плотность дыма увеличивается. Любые расположенные рядом водоемы способствуют дальнейшей концентрации дыма. Кроме того, взвешенные твердые примеси могут служить ядрами для образования тумана, если влажность воздуха достигает точки насыщения. В случае смешанного рельефа остаточный дым ночью стекает вниз по водоему, вызывая ухудшение видимости и другие проблемы. Остаточный дым более чем задымление лю-

бого другого типа, повышает риск возможности дорожных аварий.

Вдыхание дыма, независимо от источника последнего, может стать причиной острых или хронических заболеваний. Угроза здоровью зависит и от того, какой дым вдыхает человек. Горящие лесные горючие материалы выделяют в атмосферу сотни, если не тысячи химических соединений, включая окись углерода, взвешенные твердые примеси, углеводороды, окислы азота и водяной пар. Горящая растительность выделяет также целый комплекс органических веществ, которые абсорбируются внутри или на поверхности конденсированных дымовых частиц. Такие частицы, попадая в легкие, повышают химическую интоксикацию. Исследователи полагают, что человек способен вдыхать частицы менее 10 мкм в диаметре. Они также считают, что частицы диаметром менее 2,5 мкм можно и вдыхать и выдыхать. Более 90 % частиц, выделяющихся при лесных пожарах, имеют диаметр 10 мкм и менее. Кроме того, окислы азота и углеводороды, испускаемые пожаром, вступают на солнечном свете в химическое взаимодействие, образуя озон и органические оксиданты, являющиеся потенциальными раздражителями слизистой оболочки.

Из всего сказанного следует, что контролируемые выжигания нужно проводить в условиях, которые способствовали бы уменьшению количества или изменению состава эмиссий для предотвращения опасного уровня загрязнения. Это также достигается путем сокращения количества доступных горючих материалов, увеличением полноты сгорания, усиления конвекции или дисперсии. Последствиями задымления можно управлять, если проводить выжигание в такие дни, когда дым сдувается в сторону от районов, чувствительных к нему. При проведении контролируемых выжиганий необходимо учитывать наличие населенных пунктов, автострад и других объектов, деятельности, которых может помешать дым. В зависимости от расстояния до этих объектов нужно проводить выжигание с учетом метеорологических условий и запаса горючих материалов.

Мы попытались приблизительно рассчитать, сколько углерода выделяется при экспериментальных контролируемых выжиганиях на вырубках в низкогорных равнинных лесах. Так, например, при выжигании вырубки в 1996 году в Усольском лесхозе запас напочвенных горючих материалов был снижен от $4,3 \text{ кг/м}^2$ до $0,3 \text{ кг/м}^2$, а валежа – с $108,5 \text{ м}^3/\text{га}$ до $68,5 \text{ м}^3/\text{га}$. Используя методику Б. Стокса (Stocks, 1991) мы можем оценить общую эмиссию от этого экспериментального выжигания. Используя коэффициенты эмиссии – 445 г/кг для двуокиси углерода, 45 г/кг для окиси углерода, 4,55 г/кг для метана и других углеводородов, находим, что при выжигании вырубки площадью 6 га выделилось 106,8 тонн двуокиси углерода, 10,8 тонн окиси углерода и 1,09 тонн метана и других углеводородов. Такое количество веществ выделилось при горении в течение 12 часов и распространилось вместе с дымом.

5.3. Влияние контролируемых выжиганий на фауну

Воздействие пожаров на фауну разнообразно и разносторонне. При исследовании влияния пожара на животных обычно выделяются факторы, критически влияющие на наличие или изобилие видов. Но помимо этого существует более широкое понимание того, как виды приспосабливаются к жизни в окружающей среде, подверженной пожарам (Bendell, 1974).

По мере того как пожар распространяется по лесу, степень его воздействия на птиц и животных зависит от того, где их застанет огонь, их мобильности, способности найти укрытие. Так, при лесных пожарах 1915 года в Сибири, которые продолжались в течение нескольких месяцев, люди наблюдали множество переплывающих огромные реки животных, включая белок, медведей, лосей. Несмотря на большое количество наблюдений, нет данных о неадекватной реакции птиц или животных на пожар. Так, лебеди и лоси спокойно передвигались и питались на маленьких озерах, в то время как вокруг полыхал пожар. Схожее спокойное поведение животных наблюдалось при пожаре во Флориде, в широколиственном лесу и в степи, когда некоторые животные даже возвра-

щались на пожарище сразу после прохождения огня (Bendell, 1974).

Формы воздействия лесных пожаров на позвоночных животных общеизвестны. Это, прежде всего, их гибель от огня и дыма. После пожаров в темной тайге исчезают такие представители фауны, как белка и соболь (Реймерс, Малышев, 1963). В то же время последствия воздействия пожаров на динамику численности животных проследить довольно трудно. После крупных пожаров 1915 и 1932–38 гг. наблюдался рост численности зайца-беляка (Шишкин, 1988). В то же время у животных вырабатываются адаптивные реакции на пожары, и они готовы использовать благоприятные условия, возникающие на гарях.

Одно из наиболее важных проявлений пирогенного фактора по длительности и масштабности – трансформация местообитаний. Большие площади гарей, с существенным изменением видового состава живого почвенного покрова, вызывают перераспределение сезонных стадий, путей миграций, воздействуют на динамику численности популяций. Небольшие пожары не приводят к смене видового состава зоокомплекса, но в результате изменения экологических показателей местообитания меняется его численное соотношение. Под воздействием пожаров исчезает генеративный корм, но в изобилии появляется вегетативный – травянистый, а затем и древесно-веточный. Изменяются и защитные условия: «крыша» крон меняется на «стены» захлапленности. Во время прогорания происходит дегельминтизация территорий в результате непосредственной гибели паразитов, а также нарушаются «цепи хозяев», что усложняет прохождение фаз развития. На свежих гарях меньше кровососущих членистоногих, которые в северных лесах играют ведущую роль в летнем распределении позвоночных животных. Динамика абиотических условий обитания порождает и изменение действия биотических факторов на состояние популяций животных. Сложившиеся связи «хищник-жертва» разрушаются, а эффект запаздывания удлиняется, что позволяет расти-

тельноядным животным достигать высокой плотности (Шишкин, Иванова, 1998).

В целом пожары являются, во многих случаях, полезным фактором, создающим благоприятные условия для жизни диких животных. В некоторых странах для улучшения кормовой пригодности местообитаний животных рекомендовано проводить целевые палы (Керзина, 1956; Поспелов, 1957; Ahlgren, 1960; Rowe, Scotter, 1973; Нейфельд, Софронов, Субботин, 1976).

При контролируемых выжиганиях порубочных остатков очень важно прикладывать все усилия по смягчению стресса от огневого воздействия и ее последствий на фауну. Время выжиганий на вырубках совпадает с выводением потомства у птиц (наземногнездящихся) и циклом размножения у мышевидных. Поэтому необходимы исследования видового состава птиц, их сравнение с видовым составом в предыдущие годы, а также детальное изучение степени воздействия огня на обитающих здесь представителей групп мелких лесных млекопитающих.

Влияние контролируемых выжиганий порубочных остатков на фауну мелких млекопитающих и птиц на вырубках в темнохвойных лесах проведено сотрудниками Красноярского государственного университета (Соколов, 1999). Учет птиц и мышевидных грызунов проводился с применением известных методик. Было установлено, что фауна мышевидных на вырубке до выжигания представляла сообщество полевок (род *Clethrionomys*) и землероек (род *Sorex*), с преобладанием последних (80 %). Обилие представителей *Sorex* обеспечивалось наличием большого количества корма для этой группы животных. Через год после проведения контролируемых выжиганий и огневого воздействия на лесные зооценозы в составе фауны преобладала красная полевка (*Cl. Rufocanus Pall*). Малое присутствие землероек свидетельствует об уменьшении обилия корма на поверхности почвы. Обилие красной полевки – следствие расселения после периода пика численности вида в тайге, примыкающей к вырубке и в куртинах леса на

вырубке. Исследования свидетельствуют об отсутствии видимого воздействия выжиганий на мышевидных.

На исследуемых вырубках встречались птицы следующих видов: певчий дрозд (*Turdus philomelos*), темнозобый дрозд (*Turdus ruficollis*), горная трясогузка (*Motacilla cineria*), белая трясогузка (*Motacilla alba*), большой пестрый дятел (*Dendrocopus major*). Все перечисленные виды на самих участках не гнездятся, обитают вокруг вырубков. Сразу после выжигания на участках птиц встречается мало. Более частые залеты происходят до выжигания и спустя какой-то период после.

Таким образом, на вырубках текущего года из-за деятельности машин и механизмов позвоночные животные и птицы полностью отсутствуют. Освоение вырубки животными постепенно начинается лишь на второй и даже третий год, когда появляется новая растительность. Оттого контролируемые выжигания на этих вырубках явного отрицательного влияния на фауну оказывать не могут.

Зимние вырубки в первый летний сезон после рубки не осваиваются животными из-за смены климатических, защитных и кормовых условий. В этот период мелкие животные могут быть на опушках леса и на переувлажненных участках вырубки, где сохранились остатки древостоя. Поэтому важно:

1. Обеспечить охрану от огня лесных опушек за счет прокладки по периметру вырубки минерализованной полосы шириной 3,0–3,5 м, предусмотренной правилами рубки, во время выжиганий организовать окарауливание вдоль границы вырубки с прилегающим древостоем;

2. Поймы ручьев и болот, где сосредоточены гнездовья птиц, при обычных метеоусловиях негоримы. В засушливые годы на сухих участках при выжиганиях должно осуществляться окарауливание по границам этих участков.

Заключение

Четырехлетний опыт использования контролируемых выжиганий на вырубках в темнохвойных лесах подтвердил их эффективность в ускорении лесовосстановления вырубок хвойными породами и последующей сохранности лесных культур и самосева от стихийных пожаров.

Контролируемые выжигания были проведены на 20 вырубках с общей площадью более 800 га. Такого масштаба работ в этой области в России еще не было: из стадии экспериментов они перешли в практику.

В 1999 году в трех лесхозах были организованы мобильные бригады, которые прошли специальную подготовку и проводили выжигания на вырубках на территории этих лесхозов при консультациях со специалистами Института леса СО РАН.

Для практической реализации метода подготовлены и утверждены Комитетом по лесу Красноярского края «Временные указания по контролируемым выжиганиям».

Подбором технологий контролируемых выжиганий и условий погоды для их проведения, можно выжигать порубочные остатки на вырубках с такой степенью утилизации, которая позволит без дополнительной подготовки почвы проводить лесовосстановление не только посадкой саженцев, но и посевом семян хвойных пород.

Производственный опыт показал, что лишь подготовка почвы под лесные культуры без использования механизмов позволяет снизить затраты в 6–8 раз. Если же частично вместо посадки саженцев производить посев семян, то затраты на производство лесных культур можно сократить на порядок.

Посев семян на вырубках после выжигания продемонстрировал, что их всхожесть увеличивается при заделке в почву на 5–7 мм. Механические технологии при этом трудоемки. Вместе с тем, посев семян по снегу снимает эту проблему.

Контролируемые выжигания – достаточно небезопасное мероприятие очистки вырубок и его могут выполнять только хорошо подготовленные специалисты при надлежащей организации работ. Организация мобильных бригад из лесной охраны, численностью 6–8 человек, является оптимальной для выполнения этой работы. Возглавлять их могут как лесничие, так и начальники ПХС. Бригады оснащаются кроме ручного пожарного инвентаря пожарным трактором ТЛП-4, автоцистерной для доставки воды и трейлером для перевозки трактора.

Установлено, что одна такая бригада может с мая по август провести контролируемые выжигания не менее чем на 20 вырубках при площади каждой не более 50 га. При такой производительности одна бригада может обслужить за сезон 5–6 лесхозов, т. е. речь идет о межлесхозных бригадах, что значительно упрощает и удешевляет их содержание. Кроме того, ранней весной, осенью и зимой они могут заниматься и лесовосстановлением вырубок, и их противопожарной подготовкой для выжиганий.

Таким образом, управляемый огонь, хотя и постепенно, но все же находит свое место в лесохозяйственной практике. Задача ученых и производственников состоит в дальнейшем совершенствовании технологий, сферы применения и масштабов использования управляемого огня в народном хозяйстве.

ЛИТЕРАТУРА

- Амосов Г. А.** Некоторые особенности горения при лесных пожарах. – Ленинград: ЛенНИИЛХ, 1958.
- Аникеева В. А.** Типы вырубок, возобновление и начальные этапы формирования леса на месте среднетаежных ельников-черничников // Динамическая типология леса. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 43–72.
- Арцыбашев Е. С.** Основные задачи лесной пирологии // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1984. – С. 5–7.
- Атлас Красноярского края и Республики Хакасии** // Роскартография, 1994. – 83 с.
- Бабинцева Р. М., Чередникова Ю. С.** Естественное возобновление под пологом древостоев южной тайги // Лесовосстановление в подзоне южной тайги. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1983. – С. 5–13.
- Батин С. Ю.** Реакция на агротехнические приемы проростков и сеянцев сосны обыкновенной в посевах на гарях // Проблемы лесовосстановления в таежной зоне СССР. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1988. – С. 14–15.
- Белов С. В.** Управляемый огонь в лесу – средство восстановления сосняков и лиственничников таежной зоны // Горение и пожары в лесу. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1973. – С. 213–232.
- Белов С. В.** Лесная пирология. – Ленинград: Изд-во ЛТА, 1982. – 68 с.
- Бойченко А. М.** Типы вырубок и лесовосстановительные мероприятия в сосняках северотаежного Зауралья. – М.: Агрометеиздат, 1989. – С. 99–107.
- Бузыкин А. И.** Сосновые леса и лесовосстановительные процессы в бассейнах рек Баргузин и Турка. Дис. канд. с-х. Н. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1964. – 126 с.
- Валендик Э. Н.** Управляемый огонь в лесном хозяйстве Сибири // Лесное хозяйство, 1998, – №1. – С. 51–52.
- Веретенникова А. В.** Водоросли – пионеры лесных гарей. – М.:

- Природа, 1963. – С. 105.
- Волобуев М. И.** К вопросу о геологическом строении юга Ангаро-Канской части Енисейского кряжа // Сборник материалов по геологии Красноярского края. – М.: Госгеолтехиздат, 1960.
- Галахов Н. Н.** Климат // Средняя Сибирь. – М.: Наука, 1964. – С. 83–118.
- Горбачев В. Н., Попова Э. П.** Почвенный покров южной тайги Средней Сибири. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма, 1992. – 223 с.
- Гришин А. М.** Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – Новосибирск: Наука, Сиб. Отд-ние, 1992. – 408 с.
- Давыдов А. В.** Оценка современных методов очистки лесосек в лесах лесопромышленной зоны. – Ленинград: Гослестехиздат, 1934.– 40 с.
- Декатов Н. Е.** Простейшие мероприятия по возобновлению леса при концентрированных рубках. – М.: Гослестехиздат, 1936, – С. 112.
- Евдокименко М. Д.** Микроклимат древостоев и гидротермический режим почв в сосновых лесах Забайкалья после низовых пожаров // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1979. – С. 130–140.
- Ермоленко П. М.** Сосновые леса Восточного Саяна. – Красноярск, 1987. – 148 с.
- Ерохина А. А., Кириллов М. В.** Почвы // Средняя Сибирь. – М.: Наука, 1964. – С. 189–226.
- Ефремов Д. Ф.** Леса Камчатки // Леса Дальнего Востока. – М.: Лесная промышленность, 1969. – С. 212–227.
- Жуков А. Б., И. А. Коротков, В. П. Кутафьев, Д. И. Назимова, С. П. Речан, Е. Н. Савин, Ю. С. Чередникова.** Леса Красноярского края. Леса СССР – М.: Наука, 1969, – т. 4. – 248 с.
- Зубарева Р. С.** Типологическая классификация вырубков темновой тайги Среднего Урала // Лесной журнал, 1961.– № 6. – С. 42–46.
- Иванов Н. И.** Огневая очистка лесосек и основные вопросы ее

лесохозяйственного значения. Автореферат. – Свердловск: УЛИ, 1965. – 24 с.

Иванова Г. А., Перевозникова В. Д. Типологическая структура вырубок низкогорной части Восточного Саяна и их пожароопасность // География и природные ресурсы, 1994 – № 1. – С. 54–60.

Игнатьева Л. А. Взаимосвязь естественного возобновления и живого напочвенного покрова на вырубках равнинных пихтовых лесов // Проблемы лесовосстановления в таежной зоне СССР. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1988. – С. 96–97.

Казанский Н. А. Опыты по изучению влияния огня на возобновление сосны // Сборник статей по лесоводству. – М.: Сельхозгиз, – 1931.

Каразия С. П. Динамика лесных биогеоценозов и распознавание типов леса Литвы // Динамическая типология леса. – М.: Агропромиздат. 1989. – С. 27–35.

Керзина М. Н. Влияние рубок и гарей на формирование лесной фауны // Материалы к познанию флоры и фауны СССР (МО-ИП). Отд. Зоологии, 1956. – вып. 25 (50). – С. 28–36.

Клинцов А. П. Экологические условия некоторых типов вырубок Сахалина // Лесной журнал, 1961. – № 5. – С. 32–35.

Кожеватова Н. Ф. Возобновление кедра ибирского под пологом леса и на условно-сплошных вырубках в таежной зоне // Естественное возобновление хвойных в Западной Сибири. Труды по лесному хозяйству Сибири – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1962. – вып. 7. – С. 75–84.

Кожухов Н. И. Об этапах формирования леса после сплошной рубки // Лесное хозяйство, 1971. – № 3. – С. 65–66.

Колесников Б. П. Генетический этап в лесной типологии и его задачи // Лесоведение, 1974. – № 2. – С. 3–20.

Корконосова Л. И. К вопросу формирования вейниковых вырубок на европейском севере // Вопросы таежного лесоводства на Европейском севере. – М., 1967. – С. 101–104.

Корконосова Л. И., Кожухов Н. И. Вейниковые вырубки севера Пермской области // Некоторые вопросы типологии леса и вы-

- рубок. – Архангельск, 1972. – С. 104–106.
- Крылов Г. В., Демиденко В. П.** Лесовосстановительные процессы в таежной зоне Западной Сибири // Тез. докл. Всесоюзной конференции «Проблемы лесовосстановления». – М., 1974.
- Курбатский Н. П.** Техника и тактика тушения лесных пожаров. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – С. 153.
- Курбатский Н. П.** Терминология лесной пирологии // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1972. – С. 171–231.
- Лапшина Е. И., Горбачев В. Н., Храмов А. А.** Растительность и почвы Енисейского края (южная часть) // Растительность правобережья Енисея. – Новосибирск: Наука, 1971. – С. 21–66.
- Манько Ю. И.** Пихтово-еловые леса северного Сихоте-Алиня. – Л.: Наука, 1967. – 225 с.
- Маслаков Е. Л., Колесников Б. П.** Классификация вырубок и естественное возобновление сосновых лесов среднетаежной подзоны равнинного Зауралья // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 1. – Свердловск, 1968. – С. 246–279.
- Маслаков Е. Л.** К вопросу выделения типов сплошных концентрированных вырубок (сосняки средней тайги Зауралья) // Проблемы типологии и классификации лесов. Тр. Ин-та экологии растений и животных. – Свердловск, 1972. – С. 177–192.
- Матвеев П. М., Мачернис П. И., Попова Д. П.** Некоторые особенности профилактических выжиганий в лиственничных древостоях // Лиственница и ее использование в народном хозяйстве. Межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск, 1980. – С. 5–10.
- Матвеев П. М., Окочешников С. Д., Филиппов А. В., Громова З. А.** Использование профилактических выжиганий для уменьшения опасности повреждения насаждений пожарами // Совершенствование подготовки кадров в связи с перспективным развитием лесной промышленности по программе “Сибирь”. – Красноярск, 1981. – С. 48–49.
- Матвеев П. М., Безруких С. М., Филатов Е. Н., Матвеев А. М.** О способах проведения лесовозобновительных выжиганий //

- Тезисы докладов научно-технической конференции. – Красноярск, 1987. – С. 32.
- Медведева А. А.** Особенности искусственного лесовосстановления на причулымском плато. Автореферат. – Ленинград: ЛТА, 1975. – 24 с.
- Медведева А. А.** Особенности лесовосстановления на гарях темнохвойных лесов Красноярского края // Лесное хозяйство. – М.: Лесная промышленность, 1966. – С. 38–40.
- Мелехов И. С.** К типологии концентрированных вырубок в связи с изменениями в напочвенном покрове // Концентрированные рубки в лесах Севера. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – С. 110–125.
- Мелехов И. С.** Об отложении лесной подстилки в зависимости от типа леса // Труды Архангельского ордена трудового Красного Знамени лесотехнического института им. В.В.Куйбышева. – Архангельск, 1957. – Т. XVII. – С. 124–137.
- Мелехов И. С.** Основы типологии вырубок // Основы типологии вырубок и ее значение в лесном хозяйстве. – Архангельск, 1959. – С. 5–33.
- Мелехов И. С., Корконосова Л. И., Чертовский В. Г.** Руководство по изучению типов концентрированных вырубок. – М.: изд-во АН СССР, 1962. – 113 с.
- Мелехов И. С.** Динамическая типология леса // Лесное хозяйство. 1968. – № 3. – С. 15–21.
- Мелехов И. С.** Лесная пирология. Учебное пособие для студентов лесохозяйственных факультетов. – М.: МЛТИ, 1983. – 59 с.
- Митрофанов Д. П.** Сравнение пирологических характеристик некоторых лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1972. – С. 77–102.
- Михеев Н. И.** Типы сосновых вырубок Западного Приангарья // Лесное хозяйство. 1965. – № 12. – С. 21–24.
- Нейфельд Н. Д., Софронов М. А., Субботин А. М.** Динамика численности мышевидных грызунов на пожарищах в сосняках // Вопросы лесовосстановления на Европейском Севере. –

- Архангельск, 1976. С.134-140.
- Ниценко А. А.** Типы растительности гарей и вырубок Ленинградской области в связи с перспективами их освоения // Вестник ЛГУ, сер. биол., вып. 3, 1958. – №. 15. – С. 5–14.
- Обыденников В. И.** Типы вырубок Шимановского механизированного лесхоза // Лесное хозяйство. 1968. – № 11. – С. 25–28.
- Обыденников В. И., Кожухов Н. И.** Типы вырубок и возобновление леса. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 176 с.
- Обыденников В. И., Тибуков А. В.** Смена растительного покрова в ельниках после сплошных рубок агрегатной техникой // Лесоведение. 1996. – № 2. – С. 3–11.
- Огиевский В. В.** Лесные культуры Западной Сибири. – М.: Наука, 1966. – 186 с.
- Огиевский В. В., Медведева А. А.** Основы агротехники лесных культур в лесах Западной Сибири. – Красноярск: Красн. кн. изд-во, 1969. – 171 с.
- Побединский А. В.** Возобновление леса на концентрированных вырубках. – Ленинград.: Гослесбумиздат, 1955. – 92 с.
- Попова Э. П.** О продолжительности пирогенного воздействия на свойства лесных почв // Горение и пожары в лесу. – Красноярск: ИЛИД СОАН, 1979. – С. 110–117.
- Поспелов С. М.** Птицы и млекопитающие ельника-черничника различных возрастов // Зоологический журнал. – 1957. – т. 36. – вып. 4. – С. 138–144.
- Правила рубок** главного лесопользования в лесах Восточной Сибири, 1994.
- Реймерс Н. Ф., Малышев Л. И.** Нарушенность лесов Средней Сибири // Сезонная и вековая динамика природы Сибири. – Иркутск, 1963. – С. 74–105.
- Репневский В. В.** К характеристике лишайниковых вырубок и возобновление сосны на Кольском полуострове // Основы типологии вырубок и ее значение в лесном хозяйстве. – Архангельск, 1959. – С. 82–109.
- Рихтер Л. А.** Тепловые электрические станции и защита атмосферы. – М.: Энергия, 1975. – 312 с.

- Санников С. Н.** Экологические особенности главнейших типов микросреды естественного возобновления на сплошных вырубках // Физиология и экология древесных растений. – Свердловск, 1965. – С. 231–242.
- Санников С. Н.** Типы вырубок, динамика живого напочвенного покрова и его роль в последующем возобновлении сосны в Припышминских борах-зеленомошниках // Леса Урала и хозяйство в них. – Свердловск, 1968. – Вып. 1.
- Санников С. Н.** Лесные пожары, как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1973. – С. 236–277.
- Санников С. Н.** К проблеме содействия естественному возобновлению хвойных древесных пород в таежной зоне // Интенсификация лесного хозяйства на Урале. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. – С. 36–43.
- Санникова Н. С.** Низовой пожар как фактор появления, выживания и роста всходов сосны // Обнаружение и анализ лесных пожаров. – Красноярск, 1977. – С. 110–128.
- Смагин В. Н., Ильинская С. А., Коротков И. А., Назимова Д. И., Новосельцева И. Ф., Чередникова Ю. С.** Лесорастительное районирование Сибири // Тезисы к I Всесоюзному совещанию по проблеме районирования лесного фонда СССР. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1977. – С. 8–11.
- Соколов Г. А., Богущ О. А.** Влияние контролируемого выжигания порубочных остатков на фауны мелких млекопитающих // Тезисы докладов 6-го съезда Териологического общества. – М.: Изд. АН РАН, 1999. – С. 241.
- Солодухин Е. Д.** К типологии дальневосточных вырубок // Лесной журнал. 1961. – № 4. – С. 22–23.
- Сукачев В. Н., Зонн С. В.** Методические указания к изучению типов леса. – М.: АН СССР, 1961. – 143 с.
- Таланцев Н. К.** Пути повышения продуктивности южнотаежных сосняков Томской области // Продуктивность и восстановительная динамика лесов Западной Сибири. Труды по лесному

- хозяйству Западной Сибири, вып.9, – Новосибирск, 1971. – С. 19–31.
- Таланцев Н. К.** Лесоводственные основы систем рубок в равнинных лесах Западной Сибири // Лесоводственные исследования в Западной Сибири. – Новосибирск, 1972. – С. 10 – 20.
- Тамаркин М.Л.** Охрана лесов от пожаров в Северной Америке. – М.: Лесная промышленность, 1966.
- Ткаченко М. Е.** Леса Севера. – Санкт-Петербург, 1911. – 91 с.
- Ткаченко М. Е.** Очистка лесосек. – Л.: Сельколхозиздат, 1931.
- Тюрин А. В.** Основы хозяйства в сосновых лесах. – М.: Новая деревня, 1925. – 144 с.
- Фуряев В. В.** Применение огня в лесохозяйственной практике за рубежом // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск, 1970. – С. 367–377.
- Фуряев В. В.** Вопросы исследования последствий пожаров и применения огня в лесном хозяйстве // Горение и пожары в лесу. – Красноярск, 1973. – С. 181–196.
- Фуряев В. В.** Профилактические палы при формировании пожароустойчивых молодняков // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск, 1974. – С. 241–251.
- Фуряев В. В.** Пожароустойчивость лесов и методы ее повышения // Прогнозирование лесных пожаров. – Красноярск, 1978. – С. 123–145.
- Хлонов Ю. П.** Возобновление сосны под пологом леса и на вырубках в таежной и лесостепной зонах // Естественное возобновление хвойных в Западной Сибири. – Новосибирск, 1962. – С. 55–75.
- Цветков П. А., Иванов В. В.** Захламленность вырубок после проминения агрегатной лесозаготовительной техники // Лесные пожары и их последствия. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1985. – С. 124–132.
- Черепнин В. Л.** Динамика растительного покрова в горных лесах некоторых районов Тувинской АО // Сборник студенческих научно-исследовательских работ. – Красноярск: СЛТИ, 1957. – С. 45–64.

- Чертов О. Г.** Экология лесных земель. – Л.: Наука, 1981. – 192 с.
- Чертовской В. Г.** Начальные стадии возобновления древесных пород на долгомошных вырубках // Основы типологии вырубков и ее значение в лесном хозяйстве. – Архангельск, 1959. – С. 67–74.
- Чертовской В. Г., Мелехов И. С., Крылов Г. В., Агеенко А. С., Таланцев Н. К.** Таежное лесоводство. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 232 с.
- Шиманюк А. П.** Естественное возобновление на концентрированных вырубках. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 355 с.
- Шишкин А. С.** Заяц-беляк Средней Сибири. – Красноярск: ИЛИД, 1988. – 180 с.
- Шишкин А. С., Иванова Г. А.** Влияние пожаров на продуктивность лесных охотничьих угодий на севере Сибири // Лесоведение, 1998. – № 6. – С. 33–41.
- Adams F., P. A. Ewing, M. R. Huberty.** Hydrologic aspects of burning brush and woodland grass ranges in California. – Sacramento: California State Board of Forestry, 1947. – 88 p.
- Adams J. L.** Prescribed burning techniques for site preparation in cut-over jack pine in southeastern Manitoba // Pulp Pap. Mag. Can. – 1966. – V. 67. – P. 574–584.
- Ahlgren I. F.** The effect of fire on soil organisms // Fire and ecosystems (T. T. Kozlowski and C. E. Ahlgren, eds.). – New York-San Francisco-London: Academic Press, 1974. – P. 47–72.
- Ahlgren I. F., C. E. Ahlgren.** Ecological effects of forest fires // Botanical Rev. – 1960. – V. 26. N 4, –P. 483–535.
- Alberta Forest Service.** Alberta Forest Service prescribed burn manual for the forest protection area of the province. – Edmonton, AB: Alta. For., Lands and Wildlife, For. Serv., – 1990. – 43 p.
- Albini F. A.** Computer-based models of wildland fire behavior: a user's manual. Manuscript. – Washington, DC: U.S. Forest Service. – 1976a.
- Albini F. A.** Estimating wildfire behavior and effects. Gen. Tech. Rep. INT-30. – Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Ser-

- vice, Intermountain Forest and Range Experiment Station.–
1976b.– 92 p.
- Anderson H. E.** Heat transfer and fire spread. Res. Pap. INT-69.
– Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service,
Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1969. –
20 p.
- Anderson H. E.** Aids to determining fuel models for estimating
fire behavior. Gen. Tech. Rep. INT-122. – Ogden, UT: U.S.
Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain
Forest and Range Experiment Station, 1982. – 20 p
- Andrews P. L.** BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling
system–BURN subsystem, Part 1. Gen. Tech. Rep. INT-194. –
Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, In-
termountain Research Station, 1986a. – 130 p.
- Andrews P. L.** BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling
system–BURN subsystem, Part 2. Gen. Tech. Rep. INT-260. –
Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, In-
termountain Research Station, 1986b. – 93 p.
- Andrews P. L., L. S. Bradshaw.** RXWINDOW: defining windows of
acceptable burning conditions based on desired fire behavior. Gen.
Tech. Rep. INT-273. – Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture,
Forest Service, Intermountain Research Station, 1990. – 54 p.
- Andrews P. L., R. C. Rothermel.** Charts for interpreting wild-
land fire behavior characteristics. Gen.Tech.Rep. INT-131. –
Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service,
Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1982. –
21 p.
- Anon.** Slash disposal-jack pine. Tech. Note 59 – St. Paul, Minn.:
USDA For. Serv., Lake States For.Exp. Stn., 1933. – 1 p.
- Beadle N. C. W.** Soil temperatures during forest fires and their effect
on the survival of vegetation // *J. Ecol.*, – 1940. – V. 28. – P. 180 –
192.
- Beaufait W. R.** Prescribed fire planning in the Intermountain West. –
USDA For. Serv. Res. Paper INT-26. – Ogden, Utah: Intermt. For.
and Range Exp. Stn., 1966.

- Beaufait W. R., C. E. Hardy, W. C. Fischer.** Broadcast burning in larch-fir clearcuts: the Miller Creek-Newman Ridge study. Res. Pap. INT-175. – Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1975. – 53 p.
- Bendell J. F.** Effects of fire on birds and mammals // Fire and ecosystems (T.T Kozlowski and C.E.Ahlgren, eds.). – New York-San Francisco-London: Academic Press, 1974. – P. 73 –125.
- Bradshaw L. S., W. C. Fischer.** A computer system for scheduling fire use. Part I: The system. USDA Forest Service General Technical Report INT-91. – 1981. – 63 p.
- Brender E. V., R. W. Cooper.** Prescribed burning in Georgia's Piedmont loblolly pine stands // J. Forestry, – 1968. – V. 66. – P. 31–36.
- Breysse P. A.** Health Hazards of Smoke // J. Forestry. – 1984. – V. 82, N 2. – P. 89.
- Brown A. A., K. P. Davis,** eds. Forest Fire: Control and Use. – New York: McGraw-Hill Book Co., 1973. – 686 p.
- Brown G.** Site preparation // Plantation establishment symposium. Proceedings of a symposium sponsored by the Ontario Ministry of Natural Resources and the Great Lakes Forest Research Centre. Dep. Environ., Can. For. Serv., Sault Ste. Marie. Ont. Symp. Proc. O-P-5. – 1977. – P. 46–47.
- Brown J. K.** A planar intersect method for sampling fuel volume and surface area // Forest Sci. – 1971. – V. 17, N 1. – P. 96–102.
- Brown J. K.** Handbook for inventorying downed woody material. Gen.Tech.Rep. INT-16. – Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, – 1974. – 24 p.
- Brown J. K., R. D. Oberheu, C. M. Johnston.** Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the Interior West. Gen.Tech.Rep. INT-129. – Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, – 1981. – 48 p.
- Brown J. K., P. J. Roussopoulos.** Eliminating biases in the planar intersect method for estimating volumes of small fuels // Forest

- Sci. – 1974. – V. 20. –P. 250–256.
- Bruner J. H.** Prescribed burning in reduced fire hazard // Fire Control Notes. – 1966. – V. 27, N 3, – P. 12–14.
- Burgan R. E.** Fire danger / fire behavior computations with the Texas Instruments TI-59 calculator: a user's manual. Gen. Tech. Rep. INT-61. – Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1979. – 25 p.
- Burgan R. E.** Concepts and interpreted examples in advanced fuel modeling. Gen. Tech. Rep. INT-238. – Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, 1987. – 40 p.
- Burgan R. E., R. C. Rothermel.** BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system--FUEL subsystem. Gen. Tech. Rep. INT-167. – Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, 1984. – 126 p.
- Byram G. M.** Combustion of forest fuels // Forest fire: control and use. (K.P. Davis, ed). – New York: McGraw-Hill Book Co. Inc. – 1959. – P. 61–89.
- Campbell A. J., M. T. Tanton.** Effects of fire on the invertebrate fauna of soil and litter of a eucalypt forest // Fire and Australian biota.(A.M.Gill, R.H.Groves, I.R.Noble, eds.). – Canberra: Australian Academy of Science, 1981. – P. 217–242.
- Canadian Forestry Service.** Tables for the Canadian Forest Fire Weather Index System. 4th ed. For. Tech. Rep. No. 25. – Ottawa, ON: Can. For. Serv., 1987. – 48 p.
- Chandler C., P. Cheney, P. Thomas, L. Trabaud, D. Williams.** Fire in forestry. Vol. 2. Forest fire management and organization. – New York, NY: John Wiley & Sons. Inc., 1983. – 298 p.
- Chapman H. H.** Results of a prescribed fire at Urania, Louisiana on longleaf pine land // J. Forestry. – 1947a. – V. 45. – P. 121–123.
- Chapman H. H.** Prescribed burning in the loblolly pine type // J. Forestry. – 1947b. – V. 45. – P. 804–808.
- Chrosiewicz Z.** Controlled burning experiments on jack pine sites. Tech. Note 72. – Ottawa, Ont.: Can. Dep. North. Aff. Nat. Resour.,

- For. Br., For. Res. Div., 1959. – 19 p.
- Chrosiewicz Z.** Experimental burning for humus disposal on clear-cut jack pine sites in central Ontario. Publ. 1181. – Ottawa, Ont.: Can. Dep. For. Rur. Dev., For. Br., 1967. – 23 p.
- Chrosiewicz Z.** Drought conditions for burning raw humus on clear-cut jack pine sites in central Ontario // For. Chron. – 1968. – V. 44. – P. 30–31.
- Chrosiewicz Z.** Large-scale operational burns for slash disposal and conifer reproduction in Central Saskatchewan. – Can. For. Serv. Inf Rep. Nor-X-201. – Edmonton, Alberta: North. For. Res. Cent., 1978.
- Cooper R. W., A. T. Altobellis.** Fire kill in young loblolly pine // Fire Control Notes. – 1969. – V. 30, N 4, – P 14–15.
- Davis K. P.** Forest fire: control and use. – New York –Toronto – London: McGraw-Hill Book Co. Inc., 1959. – 584 p.
- Fischer W.C.** Planning and evaluating prescribed fires-a standard procedure. Gen. Tech. Rep. INT-43. – Ogden, UT: USDA For. Serv., 1978. – 19 p.
- Forestry Canada Fire Danger Group.** Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. Inf. Rep. ST-X-3. – Ottawa, ON: For. Can., 1992. – 63 p.
- Foster W. T., G. A. Hubert, J. H. Cayford, H. A. Dickson, A. P. Macbean.** Symposium on prescribed burning // Pulp Paper Magazine Canadian. – 1967. – V. 68, – P. 4–18.
- Frandsen W. H.** Fire spread through porous fuels from the conservation of energy // Combustion and Flame. – 1971. – V. 16. – P. 9–16.
- Gill A. M., R. H. Groves, I. R. Noble,** eds. Fire and the Australian biota. – Canberra: Australian Academy of sciences, 1993. – 582 p.
- Gilmour D. A., N. P. Cheney.** Experimental prescribed burn in radiata pine // Austral. Forestry. – 1968, – V. 32, N 3. – P. 171–178
- Gossow H.** Fire–vegetation–wildlife interactions in the boreal forest // Fire in ecosystems of boreal Eurasia (J.G. Goldammer, V.V.Furyaev, eds.). – Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers, 1996. – P. 431–444.

- Grasso G. H., G. Ripabelli, M. L. Sammareo, S. Mazzoleni.** Effect of heating on the microbial population of grassland soil // *The International Journal of Wildland Fire*. – 1996. – V. 6, N 2. – P. 67–70.
- Hardy C. C., S. F. Arno,** eds. The use of fire in forest restoration. Gen. Tech. Rep. INT-GTR-341. – Ogden, UT: USDA, Forest Service, Intermountain Res. Sta., 1996. – 86 p.
- Hirsch K. G.** Ignition patterns used in prescribed burning. Tech. Transfer Note M-004. – Edmonton, AB: Can. For. Serv., 1988. – 4 p.
- Hodgson A.** Recent developments in fuel reduction by burning in Victorian forests // *Proceedings of the Sixth World Forestry Congress*. Madrid, 1966. – Vol. II. – P. 2004–2014.
- Humphreya F. R., F. G. Craig.** Effect of fire on soil chemical, structural and hydrological properties // *Fire and Australian biota*. (A.M.Gill, R.H.Groves, I.R.Noble, eds.). – Canberra: Australian Academy of Science, 1981. – P. 177–202.
- Johansen R. W.** Ignition patterns and prescribed fire behavior in southern pine stands. – *Georgia For. Res. Pap.* 72. – 1987. – 6 p.
- Johnson H. J.** The effect of various slash disposal methods on the regeneration of cut-over jack pine stands. Tech. Note 23. – Ottawa, Ont.: Can., Dep. North. Aff. Nat. Resour., For. Br., For. Res. Div., 1955. – 12 p.
- Johnson V. J.** Prescribed Burning Requiem or Renaissance? *Journal of Forestry* Bethesda, SAF. – 1984. – February. – P. 82–91.
- Kiil A. D.** Fuel consumption by a prescribed burn in spruce-fir logging slash in Alberta // *For. Chron.* – 1969. – V. 45. –P. 100–102.
- Kilgore B. M., G. A. Curtis.** Guide to understory burning in ponderosa pine-larch-fir forests in the Intermountain West. Gen. Tech. Rep. INT-233. – Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, 1987. – 39 p.
- Kozlowski T. T., C. E. Ahlgren,** eds. *Fire and ecosystems*. – New York-San Francisco-London: Academic Press, 1974. – 542 p.
- Laframboise P.** *Guide de brûlage dirigé à des fins sylvicoles*. – Sainte Foy, QC: Québec Ministère des Forêts, 1991. – 59 p.

- LeBarron R. K., F. H. Eyre.** The influence of soil treatment on jack pine reproduction // *Pap. Mich. Acad. Sci. Arts and Letters.* – 1938. – V. 23. – P. 307–310.
- Lindenmuth A. W.** Effects on fuels and trees of large international burn in ponderosa pine // *J. Forestry.* – V. 11. – 1962. – P. 804–810.
- Little S. Jr.** Prescribed burning as a tool of forest management in the northeastern States // *J. Forestry.* – 1953. – V. 51. – P. 496–500.
- Little S. Jr., J. P. Allen, E. B. Moore.** Controlled burning as a dual-purpose tool of forest management in New Jersey's pine region // *J. Forestry.* – 1948. – V. 46. – P. 810–819.
- Mälkonen E., Levula T.** Impact of prescribed burning on soil fertility and regeneration of Scots pine. // *Fire in ecosystems of boreal Eurasia* (J.G. Goldammer, V.V.Furyaev, eds.). Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers, 1996. – P. 453–464.
- McArthur A. G.** The fire control problem and fire research in Australia // *Proceedings of the Sixth World Forestry Congress.* – Madrid. – 1966a. – Vol. II. – P. 1986–1991.
- McArthur A. G.** Prescribed burning in Australian fire control // *Australian forestry.* – 1966b. – V. 30, N 1. – P. 4–11.
- McCulley R. D.** Use of fire in Forest Management // *Fire Control Notes.* – 1960. – V. 21, N 1.
- McRae D. J.** Prescribed burning in jack pine logging slash: a review. Rep. O-X-289. – Sault Ste. Marie, ON: Can. For. Serv., Great Lakes For. Cent., 1979. – 57 p.
- McRae D. J., M. E. Alexander, B. J. Stocks.** Measurement and description of fuels and fire behavior on prescribed burns: a handbook. Rep. O-X-287. – Sault Ste. Marie, Ontario: Environ. Can., Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cent., 1979. – 44 p.
- McRae D. J.** Preliminary fuel consumption guidelines for prescribed burning in Ontario slash fuel complexes. Inf. Rep. O-X-316. – Sault Ste. Marie, ON: Environ. Can., Can. For. Serv., – 1980. – 25 p.
- McRae D. J.** Regeneration success as a measure of site preparation effectiveness: prescribed fire versus scarification? // *Forest Fire Management Symposium.* B.J.Stocks, R.G. Elliot and J.D. Walker

- (Cochairman) 15-18 Sept. 1984. Can. For. Serv., Sault Ste. Marie, ON. COJFRC Symposium Proceedings O-P-13. – 1983. – P. 92–97.
- McRae D. J.** Prescribed burning of boreal mixedwood slash in the Ontario Clay Belt Region. Inf. Rep. O-X-367. – Sault Ste. Marie, ON: Can. For. Serv., Great Lakes For. Cent., 1985. – 18 p.
- McRae D. J.** Potential use of prescribed fire on full-tree harvested jack pine sites // Prescribed Burning in the Midwest: Proc. of a State of the Art Symposium (March 3–6, 1986), Stevens Pt. WI. 1986. – P. 34–37.
- McRae D. J., B. J. Stocks.** Large-scale convection burning in Ontario // Proc. Ninth Conference on Fire and Forest Meteorology. 21-24 April 1987, San Diego, California. – Boston, MA: Amer. Meteorol. Soc., 1987. – P. 23–30.
- McRae D. J., M. D. Flannigan.** Development of large vortices on prescribed fires // Can. J., For. Res. – 1990. – V. 20, N 12. – P. 1878–1887.
- McRae D. J., B. Todd., C. J. Ogilvie.** A prescribed fire ignition expert system for Canada // Proc. Eleventh Conference on Fire and Forest Meteorology. (P.L. Andrews and D.F. Potts, eds.). 16–19 April 1991, Missoula, Montana. – Bethesda, MD.: Society of American Foresters, 1991. – P. 234–241.
- McRae D. J.** Prescribed fire aerial ignition strategies. NODA/NFP Tech. Rep. TR-33. – Sault Ste. Marie, ON: Nat. Resour. Can., Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, 1996. – 27 p.
- Muraro S. J.** Prescribed fire predictor. – Victoria, BC: Environ. Can., Can. For. Serv., 1975. – 2 p
- Mutch R. W.,** tech. coordinator. Proceedings prescribed fire by aerial ignition. – Missoula, MT: Intermountain Fire Council, 1984. – 217 p.
- National Wildfire Coordinating Group.** NWCG Fireline Handbook Appendix B. Fire behavior. NWCG. NFES 2165. – 1983.
- National Wildfire Coordinating Group.** Prescribed fire smoke management guide .NFES-1279. 1985. – 28 p.
- National Wildfire Coordinating Group.** Fire Behavior Field Reference Guide. NWCG. PMS 436-4 NFES 2224. – 1992.

- Norris L. A.** An overview and synthesis of knowledge concerning natural and prescribed fire in Pacific Northwest forests // Natural and prescribed fire in Pacific Northwest forests (Walstad, J.D., S.R.Radosevich, D.V.Sandberg, eds.). – Corvallis, Oregon: Oregon State University Press, 1990. – P. 7–22.
- Ontario Ministry of Natural Resources.** Prescribed burn planning manual. – Sault Ste. Marie, ON: Aviation and Fire Manage. Centre, 1987.
- Ostrom C.E.** Servant fires // American Forestry. – 1938. March. – P. 118–119.
- Palmer Z., D. D. Devet.** Prescribed burning techniques on the National forests in South Carolina // Fire Control Notes. – 1966. – V. 27, N 3. – P. 3–4.
- Pyne S. J., P. L. Andrews, R. D. Laven.** Introduction to wildland fire. – N.-Y.-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore.: John Wiley & Sons, Inc., 1996. – 769 p.
- Radke L., D. Hegg, J. Lyons, C. Brock, P. Hobbs, R. Weiss, R. Rasmussen.** Airborne measurement on smokes from biomass burning // Aerosol and climate. (Hobbs P. and McCormick, eds), A. Deepak Publishing. 1988.
- Radke L., J. Lyons, P. Hobbs, D. Hegg, D. Sandberg, and D. Ward.** Airborne monitoring and smoke characterization of prescribed fires on forest lands in Western Washington and Oregon – final report. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep., Pacific NW Res. Sta., PNW-GTR-251. – 1990.
- Randall A. G.** A prescribed burn following a clearcut in the spruce type. Maine Agric. Exp. Stn., Misc. Pub. 675. Maine, Orono Univ. – 1966.
- Rothermel R. C.** A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Res. Pap. INT-115. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1972. – 40 p.
- Rothermel R. C.** How to predict the spread and intensity of forest and range fires. Gen. Tech. Rep. INT-143. Ogden, UT: U.S. Department

- of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, 1983. – 161 p.
- Roussopoulos P. J., V. J. Johnson.** Help in making fuel management decisions. Res. Pap. NC-112. – St. Paul. MN: USDA, Forest Service. NCEs, 1975. – 16 p.
- Rowe J. S., G. W. Scotter.** Fire in the boreal forest // Quatern. Res. – 1973. – V. 3, N 3. – P. 444–464.
- Sampson A. W.** Plant succession on burned chaparral lands in Northern California. Univ. Cal. Agr. Expt. Sta. Bul. – 1944. – 685 p.
- Seiler W, P. J. Crutzen.** Estimates of gross and net fluxes between the biosphere and the atmosphere from biomass burning // Climatic Change. – 1980. – V. 2. – P. 207–247.
- Squires J. W.** Prescribed burning in Florida // J. Forestry. – 1947. – V. 45. – P. 815–819.
- Stocks B. J., J. D. Walker.** Fire behavior and fuel consumption in jack pine slash in Ontario. Inf. Rep. O-X-169. – Sault Ste. Marie, ON: Can. For. Serv., 1972. – 19 p.
- Stocks B. J.** The extent and impact of forest fires in northern circum-polar countries // Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications (J.S.Levine, ed.). – Cambridge, Mass.: MIT Press, 1991. – P. 197–202.
- Thomas P. H.** The size of flames from natural fires // Proceedings Ninth Symposium (Int.) on Combustion. – New York: Academic Press, 1963. – P. 844–859.
- Trousdell K. B., O. J. Langdon.** Disking and prescribed burning for loblolly pine regeneration // J. Forestry. – 1967. – V. 6, N 8. – P. 548–551.
- Valendik E. N., R. J. Lasko, Ye. K. Kisilyakhov, G. A. Ivanova, V. D. Perevoznikova, S. V. Verkhovets.** Prescribed fire for managing Siberian Forests // Wildfire. – 1997. – V. 6, N. 8 – P. 29–32.
- Vallett J. C., V. Gomendy, F. Maréchal, C. Houssard, D. Gillon.** Heat transfer in the soil during very low-intensity experimental fires: the roll of duff soil moisture content // The International Journal of Wildland Fire. – 1994. – V 4, N 4. – P. 225–238.
- Van Wagner C. E.** Seasonal variation in moisture content of eastern

- Canadian tree foliage and the possible effect on crown fires. Publ. 1204. – Ottawa, ON: Can. Dep. For. Rur. Dev., For. Br., 1967. – 15 p.
- Van Wagner C. E.** The line intersect method in forest fuel sampling // Forest Sci. – 1968. – V. 14. – P. 20–26.
- Van Wagner C. E.** Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index. For. Tech. Rep. No. 35. – Ottawa, ON: Government of Can., Can. For. Serv., 1987. – 37 p.
- Vazquez F. J., M. J. Acea, T. Carballas.** Soil microbial populations after wildfire // Microbiology Ecology. – 1993. – V. 13. – P. 93–104.
- Viro P. J.** Effects of forest fire on soil // Fire and ecosystems (T.T Kozlowski and C.E.Ahlgren, eds.). – New York-San Francisco-London: Academic Press, 1974. – P. 7–44.
- Wade D. D., J. D. Lunsford.** A guide for prescribed fire in southern forests. Pub. R8-TP 11. – Atlanta, GA: USDA For. Serv., Southern Reg., 1989. – 56 p.
- Wade D. D., D. E. Ward.** An analysis of the Air Force bomb range fire. USDA For. Serv. Res. Pap. SE-105. – Southeastern For. Exp. Sta., 1973. – 38 p.
- Walstad J. D., S. R. Radosevich, D. V. Sandberg,** eds. Natural and prescribed fire in Pacific Northwest forests. – Corvallis, Oregon: Oregon State University Press, 1990. – 317 p.
- Walstad J. D., K. W. Siedel.** Use and benefits of prescribed fire in reforestation // Natural and prescribed fire in Pacific Northwest forests (Walstad, J.D., S.R.Radosevich, D.V.Sandberg, eds.). – Corvallis, Oregon: Oregon State University Press, 1990. – P. 67–79.
- Warcup J. H.** Effect of fire on the soil micro-flora // Fire and Australian biota.(A. M. Gill, R. H. Groves, I. R. Noble, eds.). – Canberra: Australian Academy of Science, 1981. – P. 203–215.
- Ward D. E.** Review of smoke components // Health hazards of smoke: recommendations of the April 1997 Consensus Conference (Sharkey Brian, ed.). Tech. Rep. 9751-2836-MTDC. – Missoula,

- MT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Missoula Technology and Development Center, 1997. – P. 17–28.
- Ward D. E., C. Hardy.** Organic and elemental profiles for smoke from prescribed fires // Receptor models in air resources management: Transactions of an international specialty conference of the Air and Waste Management Association (Watson J. G., ed.). – San Francisco, CA. Pittsburg, PA, 1989. – P. 299–321.
- Weaver H.** Fire: nature's thinning agent in ponderosa pine // J. Forestry. – 1947. – V. 45. – P. 437–444.
- Weaver H.** Some effects of prescribed burning on the Coyote Creek test area Colville Indian Reservation // J. Forestry. – 1967. – V. 65, N 8. – P. 552–558.
- Williams D. E.** Fire hazard resulting from jack pine slash. Tech. Note 22. – Ottawa, Ont.: Can. Dep. North. Aff. Nat. Resour., For. Br., For. Res. Div., 1955. – 14 p.
- Williams D. E.** Two control burns in Jack pine cut-overs // Pulp Pap. Mag. Can. – 1958. – V. 59. – P. 332–338.
- Williams D. E.** Prescribed burning for seedbed preparation in jack pine types // Pulp Pap. Mag. Can. – 1960. – V. 61. – P. 332–338.
- Wright H. A., A. W. Bailey.** Fire ecology. United States and Southern Canada. – N.Y.-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapo-re: John Wiley & Sons, 1982. – 501 p.

Приложение 1

Рекомендации по проведению контролируемых выжиганий на вырубках в низкогорных равнинных темнохвойных лесах Красноярского края

Введение

Настоящие рекомендации разработаны по результатам опытно-производственных работ, проведенных в 1997–1999 годах на территории двух лесхозов Красноярского края, согласно разрешению Федеральной службы лесного хозяйства Российской Федерации. Контролируемые выжигания проведены на 16 рубках в темнохвойных лесах с общей площадью около 500 га.

Целью работы является снижение пожарной опасности на рубках путем сжигания порубочных остатков и создание условий для лесовосстановления как методом лесных культур, так и посевом семян хвойных пород.

1. Общие положения

Управляемый огонь, контролируемые выжигания, предписанные выжигания, профилактический пал, целевой пал и др. Все эти термины определяют методы и способы применения огня в природных ландшафтах при определенных состояниях окружающей среды, которые позволяют сдерживать распространение горения заданной интенсивности и скорости распространения в заранее намеченных границах для достижения конкретных целей (снижение пожарной опасности в лесу и на рубках, содействие лесовосстановительному процессу, уничтожение нежелательной растительности, энтомологических и грибковых очагов и др.).

Пожары в лесах Сибири всегда были постоянно действующим фактором формирования лесов и их биоразнообразия. Они в большинстве случаев определяют и тип растительности и динамику растительных сообществ. Каждая лесорастительная формация имеет свой «пожарный режим», характеризующийся видом и интенсивностью пожара, его максимальными размерами, интервалами повторяемости, степенью разрушения биогеоценоза и послепожарной динамикой восстановления.

Природа на протяжении многовековой истории использует огонь как инструмент, с помощью которого достигается биоразнообразие. А биоразнообразие – это наиболее устойчивая форма существования природной среды. В таком случае, почему бы лесоводам не взять на воору-

жение этот инструмент для использования его в решении многих задач ведения лесного хозяйства?

В ряде штатов США, Канады и Австралии контролируемые выжигания используются уже несколько десятилетий. В нашей стране в связи с запретом на использование огня в лесном хозяйстве, при отсутствии опыта и сформировавшейся психологии, что «пожар – стихийное бедствие», противников применения огня значительно больше, чем сторонников. Хотя основоположники отечественного лесоводства М. Е. Ткаченко, В. З. Гулисашвили, И. С. Мелехов придавали большое значение использованию огня в лесном хозяйстве.

В экологическом плане пожар сам по себе не является ни разрушающим, ни конструктивным фактором: он просто вызывает изменения. Эти изменения можно рассматривать как желательные или нежелательные в зависимости от поставленных целей пожароуправления. При этом необходимо учесть, что они биологически необходимы для сохранения здоровья экосистемы. Путем правильного выбора сезона, частоты и интенсивности контролируемых выжиганий можно достичь желаемых результатов.

Пожары прямо влияют на окружающую среду в физическом, химическом и биологическом аспектах. Это происходит и через образование дополнительных питательных минеральных веществ, высвобождающихся при сгорании живых и мертвых организмов. Огонь превращает подстилку с низким рН в обогащенный зольный субстрат с высоким рН, при этом наблюдается увеличение аммонийного азота. Содержание подвижных соединений калия и фосфора увеличивается в два–три раза.

Применение управляемого огня преследует множество целей, в том числе: сокращение объема пожароопасных горючих материалов, подготовку участков к лесовосстановлению, уменьшение уровня заболеваемости и инвазий, уничтожение нежелательных видов растительности, сохранение мест обитания животных.

Как показывает зарубежный опыт, сжигание порубочных остатков дает возможность с наименьшими затратами и более эффективно проводить облесение вырубок. Удаление захламленности и обогащение почвы микроэлементами помогают сеянцам и саженцам расти значительно быстрее. Они имеют более высокую приживаемость, устойчивость в росте и выдерживают конкуренцию с травяной и кустарничковой растительностью. Кроме того, сжигание порубочных остатков полностью исключает распространение на окружающие древостои имеющихся на вырубке энтомовердителей и грибковых очагов.

Если вырубку не выжечь заблаговременно, то пожар в течение сезона может возникнуть стихийно или от молнии, или от антропогенных источников огня. Нельзя забывать, что борьба с пожарами очень дорогое мероприятие, и контролируемые выжигания в современных экономиче-

ских условиях пока единственный, самый эффективный и экономичный метод очистки вырубок и подготовки условий для лесовосстановления.

2. Планирование и согласование работ по контролируемым выжиганиям

2.1. План выжигания каждой вырубки разрабатывает лесхоз по прилагаемой форме, используя настоящие указания (см. Приложение). План утверждает директор и согласовывает его с отделом охраны лесов от пожаров Комитета по лесу. После этого план становится обязательным документом в соответствии, с которым и проводят выжигание.

2.2. В составлении плана принимают участие: главный лесничий, инженер охраны леса и лесничие. Для разработки плана используют материалы лесоустройства, противопожарного устройства лесов и технологические карты леспромхозов. Выбранные по этим материалам вырубки обследуются в природе и только после этого они вносятся в планы выжиганий и утверждаются директором лесхоза.

2.3. Обследование вырубок в природе необходимо провести ранней весной. Это необходимо для того, чтобы леспромхозы могли успеть до начала пожароопасного сезона устранить недостатки в противопожарном устройстве вырубки, согласно «Правил рубок главного пользования в лесах Восточной Сибири» (1994 г.).

2.4. Вырубки, намеченные к выжиганию, должны быть освидетельствованы и приняты лесхозом до 1 мая текущего года.

2.5. Проведение работ по выжиганию, в данной означенной лесораскательной зоне, можно планировать с мая по сентябрь.

3. Требования к отбору вырубок

3.1. Отбираются вырубки зимней заготовки леса. В первую очередь отбирают вырубки в лесных массивах, где намечается обильное плодоношение хвойных пород деревьев.

3.2. При обследовании вырубок решают вопросы сохранения семенников.

3.3. Устанавливают возможность подъезда к вырубке в весенне-летний период на автотранспорте. Если в лесхозе имеется гусеничные транспортеры, это условие необязательно.

3.4. При обследовании вырубок в первую очередь учитывают наличие и состояние подраста хвойных (согласно существующим нормам). Состояние сохранившегося подраста уточняется за 10–15 дней до начала выжигания вырубки. Это мероприятие целесообразно совместить с освидетельствованием и принятием вырубки от леспромхоза.

3.5. Число и местонахождение вырубок, отведенных под выжигания, утверждается приказом по лесхозу. Приказ является основанием для начала разработки плана выжигания.

4. Противопожарное устройство вырубок

4.1. До освидетельствования вырубки леспромхоз должен, а лесхоз обязан проследить за противопожарным устройством вырубки, предусмотренным «Правилами рубок главного пользования в лесах Восточной Сибири» (1994).

4.2. Особое внимание необходимо обратить на наличие замкнутой минерализованной полосы, шириной 3–4 м по периметру вырубки, отделяющей ее от стены леса и других участков. Складирование порубочных остатков крупномерной древесины у стены леса за минерализованной полосой не допускается.

4.3. При необходимости, исходя из погодных условий, имеющихся средств пожаротушения, площадь вырубки целесообразно расчленить минерализованными полосами на участки по 3–5 га. Общая сеть минерализованных полос обязательно должна быть замкнутой.

4.4. При прокладке минполос необходимо использовать естественные преграды, в том числе: ручьи, заболоченные поймы, дороги, волока и т.д.

4.5. Минерализованные полосы следует прокладывать клином или бульдозером с поворотным ножом. В этом случае по обе стороны минполосы не будут накапливаться завалы из крупных порубочных остатков, которые при горении выделяют многочисленные тлеющие частицы. Ветер разносит их за пределы участка, где они могут образовывать новые очаги горения.

4.6. На отдельных участках минполосы, где сосредоточены большие запасы крупномерных древесных отходов, последние необходимо переместить бульдозером вглубь вырубки на расстояние 10–15 м от минполосы.

4.7. Сухостойные деревья, находящиеся на расстоянии до 20 м от минполосы, следует либо окольцевать минерализованной полосой вокруг их основания, либо свалить в сторону будущего пожарища. Это предотвратит перебросы горящих частиц, образующихся при горении стоящих деревьев.

5. Технология контролируемых выжиганий

Технология выжигания включает методы выжигания и способы зажигания или пуска огня.

5.1. Методы выжигания

5.1.1. Метод сплошного пала

Этот метод целесообразен там, где площадь вырубki не превышает 20-25 га, на ней отсутствует подрост, имеются семенные куртины, куртины недоруба и др., не подлежащие утилизации, а вырубka надежно изолирована от окружающих участков. Метод позволяет в короткий срок выжечь порубочные остатки с высокой степенью утилизации.

5.1.2. Метод локального выжигания

Метод эффективен в двух случаях:

1) при расположении на вырубке объектов, которые необходимо сохранить (куртины подростa и др. см. п. 5.1.1). В этом случае прокладывают дополнительные минполосы для их защиты и выжигание проводят отдельными участками, изолированными друг от друга защитными полосами.

2) при необходимости обеспечить пожарную безопасность в сложных метеоусловиях и не допустить распространения высокоинтенсивного горения. В этом случае выжигание проводят без расчленения вырубki на блоки, а зажигание осуществляют последовательно в разных частях вырубki. По мере выгорания горючих материалов и снижения интенсивности горения на одном участке зажигают следующий и т.д. Метод позволяет контролировать поведение огня малыми силами.

5.1.3. Метод поэтапного выжигания

Выжигания проводят в два этапа. На первом этапе выжигают участки с большим запасом порубочных остатков (разделочные площадки, волока и др.). Это можно делать при II и даже при I классе пожарной опасности или в период фенофазы полного развития трав и кустарничков. Второй этап проводят при III классе пожарной опасности, когда мелкие и средние по крупности горючие материалы хорошо высохнут. Для более безопасного проведения этих работ целесообразно выжженные ранее участки или часть из них соединить минполосами с помощью плуга ПКЛ-70 или других орудий.

Работы по первому этапу можно проводить в августе–сентябре с последующим посевом семян хвойных, а выполнение второго этапа можно перенести на май – начало июня следующего года, так же с последующим посевом семян.

Это самый безопасный метод выжигания и не требует высокой квалификации исполнителей.

5.2. Способы зажигания (пуск огня)

Способы зажигания зависят от цели выжигания, хода погоды, времени суток, расположения вырубki на местности (равнина, склон и т.д.), запасов порубочных остатков и характера их размещения на вырубке, надежности заградительных полос и естественных барьеров, состояния

пожарной опасности на окружающих вырубку участках и имеющихся в наличии сил и средств.

Рекомендуется три основных способа зажигания:

- 1) линейный,
- 2) кольцевой,
- 3) точечный.

На их основе существует несколько разновидностей (например, сочетание линейного и точечного способов и др.) и руководитель по выжиганию сам решает, какой способ зажигания применим в данных конкретных условиях.

5.2.1. Линейный способ (рис. 1)

5.2.1.1. Зажигание порубочных остатков осуществляют по линии вдоль опорной полосы. При необходимости их зажигают внутри участка. Этот способ оптимален при небольшой захламленности участка, равномерном расположении порубочных остатков, при скорости ветра не превышающей 1.5–2.0 м/сек.

5.2.1.2. При ветре до 3 м/сек зажигание проводят, как и в первом случае, но огонь вначале пускают против ветра. После выжигания полосы шириной 20–30 м, проводят пуск огня от противоположной опорной полосы по ветру, как и в п. 5.2.1.1.

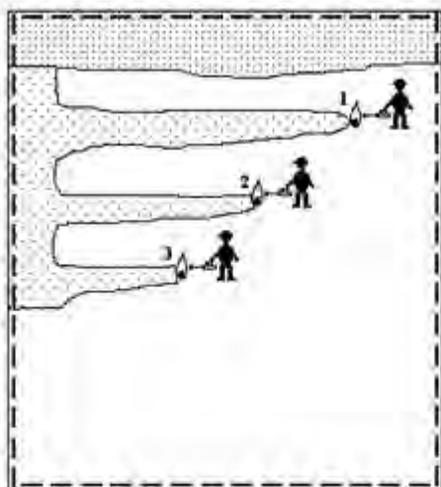
5.2.1.3. В случае необходимости ускорить процесс выжигания участка и для регулирования интенсивности горения (для более полного выжигания порубочных остатков при II–III классах пожарной опасности), зажигание проводят, как описано в п. 5.2.1.2., но после зажигания первой линии, через каждые 40–50 м зажигают вторую и т.д., отступая к опорной полосе.

5.2.2. Кольцевой способ (рис. 2)

Вначале зажигают порубочные остатки в 3–5 точках на расстоянии 5–10 м одна от другой в центре участка. После соединения горящих кромок и образования единого очага горения, отступают на расстояние 20–30 м и зажигают порубочные остатки, двигаясь по окружности относительно к основному очагу горения до соединения с началом второго зажигания. Операцию повторяют до границы участка. Последнее зажигание проводят от опорных полос по периметру участка. Этот способ оптимален при скорости ветра до 1,0 м/сек, а также при необходимости резко повысить интенсивность горения и скорость выжигания участка.

5.2.3. Точечный способ (рис 3)

Способ отличается от линейного зажигания тем, что зажигание проводят не непрерывной линией, а только в отдельных точках. В первую очередь, зажигают скопление горючих материалов (на разделочных площадках, волоках, местах складирования крупномерных отходов и т. д.). Затем создают многочисленные очаги на участках с меньшим запасом порубочных остатков. Используя этот способ, можно повысить



Обозначают:

— — — — — - линия полса

▒ - заранее отожженная полса

 - последовательность зажигания

Рис. 1. Схема проведения зажигания линейным способом.



Обозначения:

==== - дорога

---- - мячопоса



- последовательность зажигания

Рис. 2. Схема проведения зажигания кольцевым способом.



Обозначения:

— — - линия

 - заранее отожженная полоса

 - последовательность зажигания

Рис. 3. Схема проведения зажигания точечным способом.

интенсивность огня, скорость и полноту выгорания участка при наличии обильной зеленой растительности. Метод наиболее эффективен при выжигании в период фенофазы полного развития травяно-кустарничкового яруса. Его недостатком является менее полное выгорание порубочных остатков в промежутках между участками с большим запасом порубочных остатков.

6. Оптимальные условия для выжиганий

В зависимости от цели выжигания оптимальные условия для их проведения определяются фенофазой развития, классом пожарной опасности, временем суток и ходом текущей погоды.

Оптимальные сроки и условия проведения выжиганий приведены в таблице.

6.1. Выжигания можно проводить в течение всего пожароопасного сезона согласно вышеприведенным рекомендациям с возможным отклонением от них на 15–20 % в зависимости от хода текущей погоды.

6.2. Если по данным метеостанции на следующий день после выжигания прогнозируется выпадение осадков более 5 мм, выжигание можно проводить одновременно на всей вырубке при максимальной ее площади 50 га.

6.3. При прогнозе отсутствия осадков в течение последующих 3–5 дней после выжигания или выпадения осадков менее 5 мм, выжигание целесообразно проводить отдельными участками, а дотушивание и окарауливание следует начинать уже на следующее утро с 6–8 часов.

7. Противопожарные мероприятия

7.1. Сдерживание огня

В период выжигания возможно резкое увеличение интенсивности горения вблизи минерализованной полосы из-за скопления крупномерных порубочных остатков и, как следствие, возможен переброс горящих частиц через минполосу. Это возможно и при горении сухостойных деревьев, стоящих вблизи минполосы. Смена направления ветра и изменение направления движения фронта огня также может создать угрозу перехода огня через минполосу.

Таблица 1

Оптимальные условия для проведения контролируемых выжиганий

Период сезона	Класс ПО	Комплексный показатель	Температура воздуха, град.С	Относительная влажность возду- ха, %	Скорость ветра, м/с	Начало зажигания, час
III декада мая – I декада июня	II–III	600–1600	15–18	< 60	< 2	18–19
II декада июня – I декада июля	III	1700–2000	19–22	< 40	< 3	18–19
II–III декада июля – I декада августа	III–IV	2100–3000	20–24	< 30	< 4	16–18
II–III декада августа – I декада сентября	IV	3100–4000	18–20	< 30	< 5	14–16

7.1.1. При интенсивном горении крупномерных порубочных остатков вблизи минполосы этот очаг необходимо обработать струей воды из пожарного трактора или автомашины. При наличии бульдозера можно передвинуть скопление порубочных остатков вглубь пожарища или завалить его слоем грунта. При отсутствии технических средств необходимо сосредоточить за минполосой напротив очага горения тушители с ручными инструментами, которые должны ликвидировать возникающие очаги.

7.1.2. В случае изменения направления ветра следует сразу же направить дополнительные силы на опасный участок и, по необходимости, пустить встречный огонь к приближающемуся фронту горения. Если это невозможно, то нужно сосредоточить резервные силы на ликвидацию очагов горения от переброса горящих частиц.

7.1.3. Для предотвращения перехода огня за минполосу необходимо двум тушителям постоянно патрулировать по периметру вырубki и ликвидировать возникающие очаги. При невозможности справиться самостоятельно нужно вовремя сообщить руководителю о переходе огня за минполосу.

7.2. Дотушивание.

После прекращения пламенного горения на вырубке главными источниками горящих частиц, которые могут образовать новые очаги горения, являются тлеющие пни, сухие стволы и кучи порубочных остатков, находящихся на удалении до 20–30 м от минерализованной полосы.

7.2.1. Тлеющие пни следует обработать водой или засыпать грунтом. Сухостойные деревья необходимо свалить, тлеющие части загасить водой или влажным грунтом.

7.2.2. Тлеющие крупномерные порубочные остатки, сосредоточенные в валах или кучах, нужно рассредоточить и засыпать грунтом.

7.2.3. Тщательно проверить прилегающие к вырубке участки в полосе 20–30 м на наличие тлеющих очагов. Обнаруженные очаги обработать водой, окопать и засыпать грунтом.

7.3. Окарауливание

Общий успех выжиганий в значительной степени зависит от того, выйдет ли огонь за намеченные границы.

7.3.1. В условиях продолжения сухого периода после контролируемого выжигания в первые 2–3 дня обязательно проводить постоянное окарауливание вырубki с 10 до 19 часов силами трех-пяти тушителей с ручным инвентарем.

7.3.2. При усилении скорости ветра более 5 м/с и отсутствии осадков окарауливание осуществлять и в ночное время с привлечением технических средств.

7.3.3. При выпадении осадков до 5 мм постоянное окарауливание можно прекратить на второй день, в зависимости от состояния тлеющих

очагов, и проводить осмотр пожарища через два-три дня до полного прекращения горения.

7.3.4. После выпадения осадков более 5 мм окарауливание можно прекратить в тот же день и осмотр пожарища провести через 2–3 дня.

7.3.5. В случае распространения горения на соседние участки следует оповестить лесхоз и действовать быстро и энергично по локализации горения, исходя из реальной обстановки.

8. Техника безопасности

8.1. При проведении контролируемых выжиганий соблюдаются те же меры безопасности, предусмотренные правилами охраны труда при тушении лесных пожаров.

8.2. Подробное обсуждение техники безопасности при контролируемых выжиганиях приведено в пп. XVI–XX прилагаемого плана контролируемых выжиганий.

9. Средосохраняющие мероприятия

При проведении контролируемых выжиганий необходимо приложить все усилия по смягчению стресса от огневого воздействия и его последствий на фауну. Зимние вырубki в первый летний сезон не осваиваются животными из-за смены климатических, защитных и кормовых условий. Мелкие животные могут быть на опушках леса и на переувлажненных участках вырубki, где сохранились остатки древостоя. Поэтому следует:

9.1. Обеспечить охрану от огня лесных опушек за счет прокладки по периметру вырубki минерализованной полосы шириной 3,0 - 3,5 м, предусмотренной правилами рубки, и организовать окарауливание вдоль границы вырубki с прилегающим древостоем;

9.2. Поймы ручьев и болот, где сосредоточены гнездовья птиц, при обычных метеоусловиях негоримы. В засушливые годы при выжиганиях на сухих участках должно осуществляться окарауливание по границам этих участков, как описано выше.

10. Отчетность

10.1. Лесхозы Федеральной службы лесного хозяйства России составляют отчеты по результатам контролируемых выжиганий, используя информацию, заложенную в планах по контролируемому выжиганию (см. Приложение 2).

10.2. В отчете отдельной строкой указывается общая площадь, на которой проведены выжигания, фактическая стоимость работ, средства,

затраченные на выполнение работ совместно с другими лесопользователями с указанием затрат каждого из них.

10.3. Если после выжигания выполняются работы по лесовосстановлению, то указываются затраты отдельно на лесовосстановление путем посадки лесных культур, и отдельно – на посев семян хвойных пород.

10.4. Лесхоз представляет отчет органу управления лесным хозяйством ежеквартально.

10.5. После полного окончания работ на техническом совещании в лесхозе необходим разбор каждого плана выжигания и оценка действий всех специалистов, принимавших участие в контролируемых выжиганиях.

Приложение 2.

Утверждаю:

Директор _____ лесхоза

Дата _____

Согласовано:

Начальник отдела охраны леса
Комитета по лесу Красноярского
края _____

Дата _____

**ПЛАН
ПО КОНТРОЛИРУЕМЫМ ВЫЖИГАНИЯМ**

лесхоз _____

лесничество _____

№ квартала _____

№ вырубki _____

Площадь вырубki _____

Подготовил: _____ Дата _____

Главный лесничий _____ лесхоза

Ознакомлен: _____ Дата _____

Глава администрации _____ района

Утверждение данного плана дает полномочия проводить выжигания при определенных условиях, указанных ниже. Действия, предпринимаемые в соответствии с утвержденным планом, будут полностью поддержаны. Персонал, занятый на выжигании, несет ответственность за действия, не соответствующие данному плану.

Планируемая площадь выжигания _____ га

Тип выжигания: сплошной пал, выжигание отдельных участков и др. (нужное подчеркнуть или дополнить) _____

Горючие материалы (ГМ) _____

Ответственный за выжигание _____

Примерная дата проведения выжигания _____ Подпись _____

I. Местонахождение и описание участка

1. Область (край) _____ Район _____
2. Лесхоз (леспромхоз) _____
3. Лесничество (лесопункт) _____
4. Квартал или урочище _____
5. Ближайшая метеостанция _____
и расстояние до метеостанции _____
6. Местоположение _____
_____ высота над уровнем моря _____ м
7. Почва _____
8. Режим увлажнения _____
9. Микрорельеф (высоты до 1 метра) _____
10. Характеристика сохранившегося хвойного подроста:

Порода	Возраст	Средняя высота	Кол-во на 1 га	Состояние	Расположение
--------	---------	-------------------	-------------------	-----------	--------------

11. Характеристика захламленности:

- Количество порубочных остатков _____ тонн/га
Количество сухостоя _____ кбм/га
Количество валежа _____ кбм/га

12. Характеристика окружающего древостоя

- С северной стороны –
Тип леса _____
Состав _____
Полнота _____
Подрост _____

- С восточной стороны –
Тип леса _____
Состав _____
Полнота _____
Подрост _____

- С южной стороны –
Тип леса _____
Состав _____
Полнота _____

Подрост _____

С западной стороны –

Тип леса _____

Состав _____

Полнота _____

Подрост _____

II. Цели выжигания

-Снижение пожарной опасности _____

-Создание условий для посадки лесных культур и посева семян _____

-Улучшение местообитания диких животных _____

-Уничтожение энтомологических и грибковых очагов _____

-Управление видовым составом растительности _____

-Другие (указать) _____

III. Задачи

1.Снижение запаса горючих материалов (ГМ) на всей территории на _____%

2.Обеспечение сохранности плодородного слоя почвы.

3.Обеспечение плодородия почвы за счет зольных микроэлементов.

4.Обеспечение условия для лесовосстановления:

-посадкой лесных культур;

-посевом семян хвойных пород;

-естественным обсеменением от стены леса или от оставленных семенников.

5.Уничтожение вредных энтомологических и грибковых очагов.

6.Другие (указать). _____

IV. Информация для общественности и координация действий

Ниже представлен список учреждений и лиц, которым диспетчер _____ лесхоза официально сообщит о требующейся с их стороны помощи и информации:

Глава администрации _____ района. Тел. _____

_____ оперативное отделение Авиалесоохраны. Тел. _____

Директор _____ леспромхоза. Тел. _____

Директор _____ лесхоза. Тел. _____

Директор _____ лесхоза. Тел. _____

V. Экономические данные

	Расчетная стоимость	Действительная стоимость
Разработка плана выжигания	_____	_____
Зажигание и удерживание огня	_____	_____
Затраты на дотушивание и окарауливание	_____	_____
Проезд на место работ	_____	_____
Горючее для зажигательных аппаратов	_____	_____
Общая стоимость	_____	_____
Стоимость работ на 1 га	_____	_____
Источник финансирования	_____	_____

VI. Условия выжигания

Для выполнения целей данного выжигания будут использованы следующие параметры:

1. Скорость ветра не должна превышать _____ м/с
2. Относительная влажность воздуха должна быть не менее _____ %
3. Влагосодержание ГМ с периодом высыхания _____ часов должно быть не меньше _____ % и не больше _____ %.
4. Температура воздуха должна быть не выше _____ градусов Цельсия

При выжигании должны соблюдаться все выше указанные условия, в противном случае зажигания не должны проводиться.

VII. Пробное зажигание

Пробное зажигание должно проводиться на участке, размером 10x10 м, поддающемся контролю. Это зажигание устраивается перед основным выжиганием на предмет проверки возможности контроля огня на кромке в данных условиях, а также чтобы проверить выполнимость поставленных задач.

VIII. Оборудование для зажигания

_____ зажигательных аппаратов,
_____ литров смешанного горючего (3 части дизельного топлива плюс 2 части бензина),
_____ коробок спичек.

IX. Оптимальные условия для зажигания (рекомендуемые)

1. Время сезона (месяц) _____
2. Время суток _____
3. Метеоусловия:
 - а) класс пожарной опасности _____
 - б) комплексный показатель пожарной опасности _____
 - в) число дней после дождя _____
4. Направление и скорость ветра _____

X. Последовательность зажигания

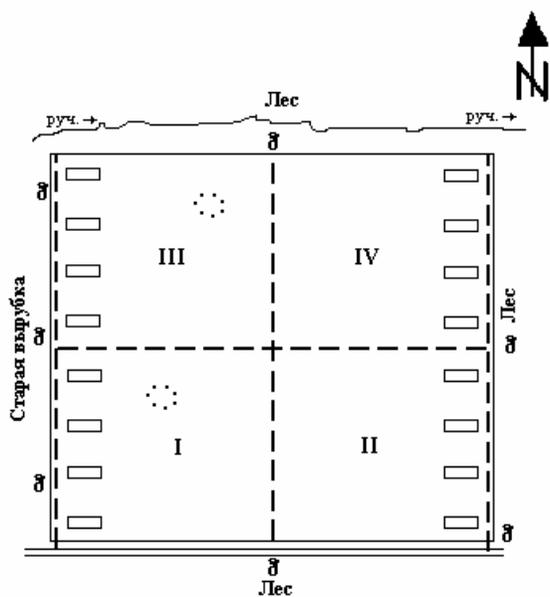
1. Составляется карта-схема вырубki согласно технологической карты лесосеки.
2. На карту наносят:
 - а) минерализованные полосы,
 - б) естественные преграды,
 - в) места скопления порубочных остатков
 - г) участки не вырубленного леса,
 - д) участки с жизнеспособным подростом, согласно существующих норм и правил.
3. Очередность зажигания участков и способы пуска огня определяются в каждом конкретном случае согласно рекомендаций по контролируемым выжиганиям вырубок в темнохвойных лесах.

XI. План сдерживания огня

Основой для планирования сдерживания огня в заданных границах является карта-схема вырубki (см. п. X). План предусматривает расчет сил и средств и их расстановку по периметру участка для предупреждения выхода огня за границы вырубki.

Пример (см. рис.1, пример карты-схемы вырубki): Вырубка, кв. 10, выдела №№ 84, 85, 86 находятся на южном склоне крутизной 10 градусов. По верхней части склона проходит минерализованная полоса шириной 3,5 м. Если не усилится ветер, она может быть препятствием для распространения огня. На этой полосе целесообразно оставить одного-двух тушльщиков на случай переброса через полосу горящих углей.

В распадке находится ручей в заболоченной пойме. Если ветер не изменит своего направления и скорости, пойма ручья может служить



Обозначения:

- ⊙ - недорубы
- - - минполоса
- ==== - дорога
- ▭ - скопления порубочных остатков на разделочных площадках
- Ж - расположение сил по удерживанию огня

Рис. 1. Пример карты-схемы вырубki.

хорошей преградой огню, но и здесь необходимо периодическое окарауливание.

С востока к вырубке прилегает стена темнохвойного леса. При определенном комплексном показателе она может служить надежной преградой огню и окарауливание здесь необязательно.

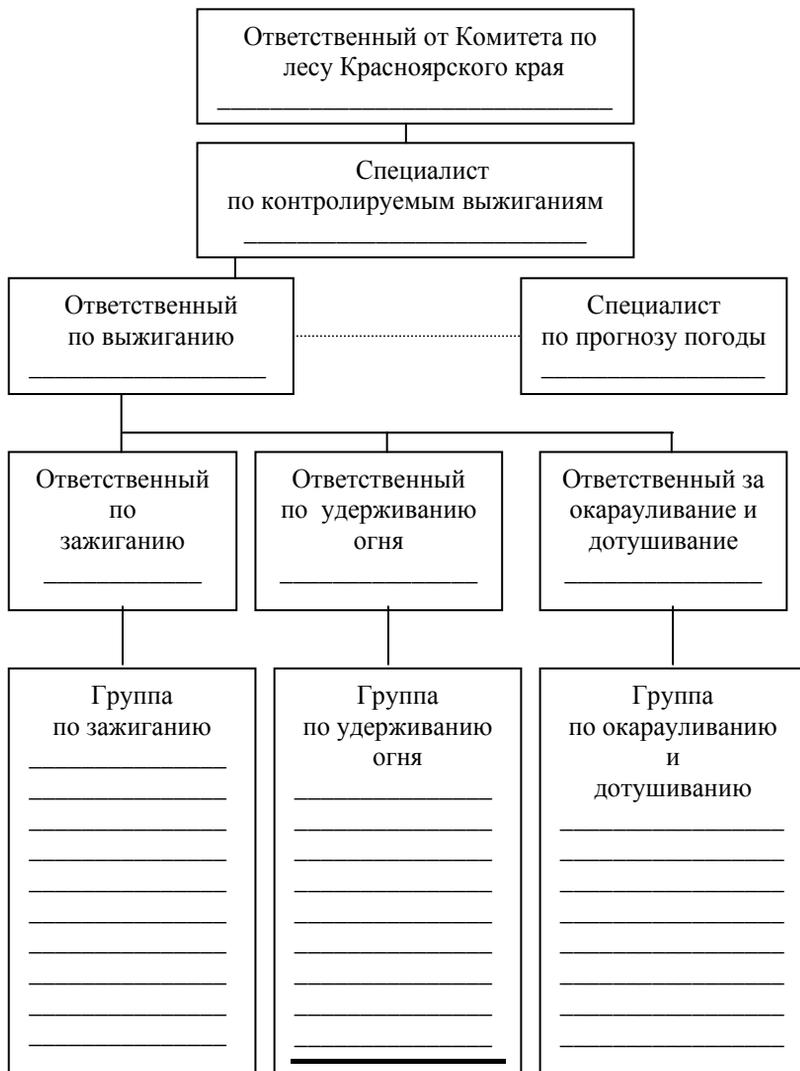
С западной стороны находятся старые захламленные вырубки. Опасность их загорания от горящих углей очень высока. Здесь необходимо патрулирование на пожарном тракторе ТЛП-4. Если огонь перейдет на старые вырубки, то это следует рассматривать как экстремальную ситуацию и немедленно принять меры, не допуская распространения огня согласно плана на случай непредвиденных обстоятельств.

ХII. Оборудование для удерживания огня

(возможны изменения в зависимости от погодных условий)

_____ лопат,
_____ топоров,
_____ машин (местоположение машин на участке определяет ответственный за выжигание),
_____ бензопил,
_____ РЛО,
_____ мотопомп со шлангами и стволами,
_____ раций.

ХIII. Структура организации работ



Замечание: Фамилии проставляются за 10 дней до начала выжигания

XIV. Дотушивание и окарауливание

После окончания пламенного горения, группа с ручным инвентарем начинает дотушивать тлеющие очаги вблизи минерализованных защитных полос (тлеющие пни, валеж, остатки стволовой древесины и т.д.).

Если служба погоды сообщает о тревожной погодной обстановке (отсутствие осадков, повышение класса пожарной опасности, усиление ветра) необходимо регулярно осматривать вырубку, особенно в первые 2-3 дня.

Ответственность за прекращение окарауливания лежит на ответственном по выжиганию. Окарауливание прекращают только по его приказу.

XV. Планирование действий на случай непредвиденных обстоятельств.

А. Этот план следует обсудить в лесхозе, леспромхозе, а также с руководителями других организаций, работающих в лесу и с оперативными отделениями Авиалесоохраны.

Если пожар выйдет из-под контроля, необходимо, в первую очередь, привлечение сил и средств на локализацию пожара от организаций, работающих вблизи места распространения пожара.

Как первая помощь, в зависимости от обстановки, нужны следующие силы пожаротушения:

1. Полностью оснащенные ручным инвентарем две-три бригады по 5 человек в каждой,

2. Пожарный трактор ТЛП-4 – 1–2 шт.;

3. Автоцистерна для подвозки воды емкостью 5–7 м³ – 1 шт.;

Б. Ответственность за обеспечение силами и средствами и их координацию лежит на специалисте по контролируемым выжиганиям лесхоза.

Этот план следует рассмотреть и согласовать задолго до намеченной даты выжигания;

В. На планерке перед выжиганием все участники должны быть ознакомлены с планом выжигания, порядком действий каждого подразделения, безопасных путях вывода людей и техники с опасных участков;

Г. В определенных случаях ответственный за выжигание решает, вышел огонь из-под контроля или нет. В последнем случае он принимает на себя обязанности руководителя по тушению пожара;

Д. Как только будет установлено, что огонь вышел за пределы намеченных границ, ответственный за выжигание обязан уведомить директора лесхоза или главного лесничего и запросить необходимые дополнительные силы.

XVI. Действия в экстремальной ситуации

Если огонь во время выжигания перейдет за намеченные границы, ответственный за выжигание сразу же должен оценить обстановку. Установить насколько это опасно для окружающих участков. И, если это опасно, то он обязан прекратить выжигание и сосредоточить силы на опасном участке. Возможен пуск отжига от подготовленной опорной полосы или ручья.

Если это не поможет, он должен ввести в действие план на случай непредвиденных обстоятельств.

XVII. Техника безопасности

Вопросы техники безопасности обсуждаются на планерке в день проведения выжигания.

1. Методы и способы зажигания, правильное и безопасное использование зажигательных средств.

2. Ответственные по зажиганию и сдерживанию огня перед зажиганием нового участка должны ознакомить исполнителей с особенностями участка и определить способ его зажигания.

3. Предупредить о возможном беспорядочном поведении огня, например, образование очагов горения за пределами участка при перебросе горящих углей или изменении направления фронта горения в связи с изменением направления ветра и др.

4. Объяснить порядок и пути отхода людей с опасных участков или при переходе на другой участок.

5. Определить и указать места для пополнения запасов воды.

6. Установить правила пользования радиосвязью, а так же другими сигналами (звуковыми и механическими) для обмена информацией.

7. Ознакомить всех участников с планом и правилами поведения на случай экстремальной ситуации.

XVIII. Требуемая рабочая сила

Для проведения данного выжигания потребуется _____ человек. При условиях, соответствующих нижнему пределу условий выжигания, требуется меньше людей, и наоборот. Количество необходимой рабочей силы будет меняться в зависимости от погоды, места расположения участка, характера расположения порубочных остатков, их количества и вида.

XIX. Планерка перед проведением выжигания

Приводится руководство для проведения планерки перед выжиганием. Оно достаточно полное и, если указанные пункты обдумать заранее, планерка займет меньше 30 минут.

1. Объяснить всему персоналу цели выжигания.
2. Объяснить более детальные задачи выжигания.
3. Объяснить структуру организации работ и показать схему подчинения.
4. Объяснить, как будет осуществляться радиосвязь.
5. Объяснить параметры предписания и ожидаемое поведение пожара.
6. Объяснить, как и почему будет использоваться тот или иной метод зажигания.
7. Показать схематично порядок операций зажигания.
8. Обсудить расположение зажигателей относительно друг друга.
9. Объяснить задачи и официально принятый стандарт относительно удерживания огня.
10. То же самое по поводу операций окарауливания и дотушивания.
11. Обсудить технику безопасности в непосредственной связи с планом выжигания и подчеркнуть необходимость использования защитных средств, поскольку работа эта опасная.
12. Напомните всем руководителям, что они должны ознакомить своих людей с особенностями выжигаемой территории.
13. Напомните им, что они должны провести планерку до и после выжигания.
14. Указать ближайшую автодорогу и напомнить о необходимости осторожного вождения машины и правильной ее парковке вблизи выжигаемого участка.
15. Если есть долго- или кратковременный прогноз погоды, ознакомить с ним всех. Попросить всех участвующих в работе следить за погодой и изменениями в поведении огня и передавать об этом по цепочке подчинения.
16. Убедиться, что каждый понял свои обязанности.

ОГЛАВЛЕНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	8
ГЛАВА 2. ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА	25
2.1. Рельеф, климат, почвы	25
2.2. Растительность района исследований	28
2.3. Типы вырубок и проблемы их лесовосстановления в темнохвойных лесах	33
ГЛАВА 3. КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ВЫЖИГАНИЯ НА ВЫРУБКАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ	45
3.1. Программа опытно-производственных работ	46
3.2. Методики опытных работ	46
<i>Лесоводственная характеристика опытных участков</i>	46
<i>Оценка запасов напочвенных горючих материалов</i>	47
<i>Методика прогнозирования поведения пожара</i>	50
3.3. Характеристика вырубок до выжигания	61
3.4. Опытно-производственные выжигания	69
ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ВЫЖИГАНИЙ	106
4.1. Требования к отбору вырубок для выжигания	106
4.2. Противопожарное устройство вырубки перед выжиганием	107
4.3. Ограничительные условия для выжигания	108
4.4. Оптимальные условия для выжигания.	108
4.4.1. <i>Рекомендации по оценке готовности вырубок к выжиганию</i>	109
4.4.2. <i>Рекомендации по сдерживанию и локализации горения на вырубке</i>	113
4.5. Технологии контролируемых выжиганий	116

4.5.1. Методы выжигания	116
4.5.2. Способы зажигания	117
4.6. Противопожарные действия в период выжигания	122
4.7. Техника безопасности	124
ГЛАВА 5. ПОСЛЕДСТВИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ВЫЖИГАНИЙ НА ВЫРУБКАХ	125
5.1. Влияние на лесовосстановление	125
5.1.1. Влияние на свойства почвы и ее микрофлору.	128
5.1.2. На естественное и искусственное лесовосстановление	141
5.2. Влияние продуктов горения на воздушное пространство	146
5.3. Влияние контролируемых выжиганий на фауну.	157
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	161
ЛИТЕРАТУРА	
ПРИЛОЖЕНИЯ	183





ФОТО 1. Темнохвойные леса Сибири - наиболее богатая и биоразнообразная экосистема.



ФОТО 2. Вейниковые вырубки являются основным лесокультурным фондом равнинных и низкогорных темнохвойных лесов подзоны южной тайги Средней Сибири.



ФОТО 3. Сохранившийся в процессе зимней рубки высокополнотных древостоев темнохвойный подрост уже в июне июле текущего года почти полностью погибает от изменения микроклиматических условий.



ФОТО 4. Захламленность вырубок порубочными остатками в темнохвойных лесах достигает 150-200 т/га.



ФОТО 5. Обилие зеленой массы не препятствует возникновению и распространению пожара на захлавленной вырубке



ФОТО 6. При разрастании травянистой растительности на вырубке наибольшее выгорание происходит в местах скопления порубочных остатков.



ФОТО 7. Контролируемое выжигание. Зажигание порубочных остатков на вырубке линейным способом.



ФОТО 8. Контролируемое выжигание. Зажигание порубочных остатков на вырубке точечным способом.



ФОТО 9. На вырубках, где порубочные остатки размещены равномерно, линия огня непрерывна.



ФОТО 10. Интенсивность горения на разделочных площадках может достигать 30000 кДж/м^2 .



ФОТО 11. При контролируемом выжигании порубочные остатки диаметром до 7 см сгорают на 85-95%.



ФОТО 12. При контролируемом выжигании порубочные остатки диаметром более 7 см сгорают на 35-45%.



ФОТО 13. Для прокладки минерализованных полос на захламленной вырубке наиболее эффективно использование бульдозера с поворотным ножом.



ФОТО 14. Трелевочный трактор с клином прокладывает минполосы, раздвигая крупные порубочные остатки в стороны, не образуя кучи и валы, где горение сохраняется длительное время.



ФОТО 15. При проведении контролируемых выжиганий наиболее эффективно использование мобильных бригад на базе высокопроходимой техники (мобильная бригада Большемуртинского лесхоза).



ФОТО 16. Для сдерживания огня, локализации и дотушивания очагов горения наиболее эффективно применение пожарного трактора ТЛП-4.



ФОТО 17. При наличии в составе древостоя до рубки осины, после выжигания вырубка зарастает порослью осины.



ФОТО 18. После выжигания порубочных остатков при высоком классе пожарной опасности вырубка зарастает кипреем.



ФОТО 19. Под защитой кипрея хорошо растут и развиваются самосев и сеянцы хвойных пород.



ФОТО 20. Саженьи кедре на палово-кипрейной вырубке (плановые посадки Прединского лесничества Большемуртинского лесхоза).