

ФГБОУ ВО «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.Ф. РЕШЕТНЕВА»

На правах рукописи

Еналеева – Бандура Ирина Михайловна

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ  
ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ МНОГОЦЕЛЕВОГО  
ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

05.21.01. Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант:  
доктор технических наук,  
профессор Ковалев Р.Н.

Красноярск - 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1.3 Понятие, сущность и значение лесных транспортных сетей .....	29
1.4 Оценка степени влияния уровня развития лесотранспортной сети на продуктивность лесных земель в основных научных подходах к устойчивому управлению лесами .....	32
1.5 Лесотранспортная сеть как механизм устойчивого развития территорий лесного фонда .....	55
1.7 Выводы по первому разделу .....	68
2 Методологические основы повышения продуктивности лесных земель с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда...	72
2.1 Методы оценивания эколого-экономической доступности участков лесного фонда и планирование лесотранспортной сети .....	72
2.2 Оценка комплексной продуктивности земель лесного фонда и планирование лесотранспортной сети .....	81
2.3 Оценка эффективности деятельности по воспроизводству лесов и планирование лесотранспортной сети .....	97
2.4 Оценка величины эколого-экономического ущерба от пожаров территориям лесного фонда и планирование лесотранспортной сети.....	104
2.5 Выводы по второму разделу .....	118
3 Исследование влияния параметров лесотранспортной сети на продуктивность территорий лесного фонда.....	121
3.1 Общие положения .....	121
3.2. Определение зависимости эффективности реализации лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий от уровня развития лесотранспортной сети.....	122
3.2.1 Определение зависимости объема выхода деловой древесины в эксплуатационных лесах от уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда .....	122

3.2.2	Определение зависимости объема реализации разрешенного (побочного) лесопользования от уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда .....	143
3.2.3	Определение зависимости эффективности реализации лесовосстановительных мероприятий от уровня развития лесотранспортной сети.....	151
3.2.4	Определение зависимости эффективности проведения противопожарных мероприятий от уровня развития лесотранспортной сети.....	163
3.3	Выводы по третьему разделу .....	175
4	Методики оценивания эффективности реализации лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда.....	178
4.1	Общие положения .....	178
4.2	Методика оценки эффективности использования ресурсного потенциала лесных земель с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда.....	179
4.3	Методика оценки эффективности лесовосстановительных мероприятий с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда .....	184
4.4	Методика оценки величины эколого-экономического ущерба от пожаров лесным экосистемам с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда .....	195
4.5	Выводы по четвертому разделу .....	206
5	Комплексная модель оценки эффективности планирования транспортной сети на территории лесного фонда.....	209
5.1	Общие положения .....	209
5.2	Укрупненная модель оценки эффективности планирования лесной транспортной сети на базе комплексного подхода .....	210

5.3	Определение прогнозной величины фактической прибыли от многоцелевого лесопользования с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда .....	217
5.4	Планирование капитализированных затрат, связанных с освоением территорий лесного фонда с учетом уровня развития лесотранспортной сети.....	221
5.5	Методологические аспекты проектирования эффективных схем функционирования транспортно-технологического процесса при реализации лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий.....	227
5.5.1	Оценка эффективности использования подвижного состава на вывозке лесных ресурсов .....	227
5.5.2	Оценка эффективности доставки сил и средств пожаротушения с учетом планирования дорог лесохозяйственного назначения .....	232
5.6	Выводы по пятому разделу .....	235
6	Экспериментальное обоснование модели определения эффективности планирования лесной транспортной сети на базе комплексного подхода ....	238
6.1	Основные характеристики субъектов лесного хозяйства (пилотных территорий для реализации расчетно-вычислительного эксперимента) .....	238
6.2	Определение эффективности существующих транспортных сетей на территориях лесного фонда субъектов лесного хозяйства .....	258
6.3	Определение эффективности планирования транспортных сетей на территориях лесного фонда субъектов лесного хозяйства .....	269
6.4	Выводы по шестому разделу.....	294
	ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	297
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	336

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Основные принципы российского лесного законодательства, сформулированные в статье 1 действующего Лесного кодекса РФ, включают: обеспечение многоцелевого, рационального, непрерывного, неистощительного использования лесов для удовлетворения потребностей общества в лесах и лесных ресурсах; сохранение лесов, в том числе посредством их охраны, защиты, воспроизводства, лесоразведения; улучшение качества лесов, а также повышение их продуктивности.

Реализация концепции устойчивого развития лесов и лесопользования, основанная на обозначенных принципах, в Российской Федерации сопряжена с рядом проблем, основными из которых являются: отсутствие федеральной методики по комплексной, в т.ч. экономической оценке лесов; нестабильность нормативно-правовой базы лесного хозяйства; труднодоступность и низкопродуктивность большей части лесов Российской Федерации; истощение до критического уровня эксплуатационных запасов хвойных пород в доступных (освоенных) лесах; низкий уровень воспроизводства хозяйственно ценных лесов, а так же общий низкий уровень ведения лесного хозяйства. В этой связи обозначается необходимость поиска пути повышения эффективности реализации лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий. Повышение качества проведения отмеченных мероприятий находится в прямой зависимости с комплексным и рациональным использованием лесных ресурсов, которое возможно только при наличии достаточно развитой сети лесных дорог круглогодочного действия, проектирование которых должно базироваться на научном обосновании их планирования. Поскольку именно транспортная сеть на территории лесного фонда (ТСЛФ) в целом, и лесная дорожная сеть в частности, обеспечивают увеличение уровня деловой активности субъектов хозяйствования путем повышения транспортной, а в ее аспекте и технологической доступности лесопокрытых территорий, способствуя

устойчивому развитию и технико-эколого-социо-экономической целостности отмеченных территорий. А также «увеличение площади обустроенного леса может оказаться важным для климатического регулирования. Согласно действующим правилам, в зачет поглощения CO<sub>2</sub> включаются только регулируемые леса, что подразумевает под собой достаточный уровень развития лесотранспортных сетей. Таким образом, при увеличении площади обустроенного леса на три с половиной сотни миллионов гектаров, Россия может добиться признания поглощения дополнительных тонн углекислого и парниковых газов» [43].

Учитывая вышеизложенное, разработка принципов и методов оценки влияния параметров транспортной сети на эффективность использования ресурсного потенциала лесных земель является актуальной научной задачей, направленной на решение общей проблемы устойчивого управления лесами и призванной привнести в решение обозначенной проблемы существенный вклад.

Работа выполнялась автором в соответствии со Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2018 г. № 1989-р).

**Степень разработанности проблемы.** Вопросу устойчивости развития лесопромышленного комплекса посвящены работы ученых: Э.Л. Акима, И.В. Воскобойникова, К.Л. Михайлова, О.В. Болотова, А.И. Губайдулиной, В.Я. Крупчака, В.И. Желдака, Ю.М. Ельдештейна и др. В обозначенных трудах рассмотрение роли транспортной сети на территории лесного фонда, как правило, осуществляется с позиции главного лесопользования, в основном, опуская его многоцелевой характер в условиях устойчивого управления лесами.

Среди работ, характеризующих многоцелевое, комплексное лесопользование в условиях устойчивого управления лесными ресурсами, выделены труды Р.Н. Ковалева, Н.М. Большакова, Е.Н. Букваревой, К.П.

Рукомойникова, П.Б. Рябухина, Ю.В. Лебедева, Д.С. Павлова, В.Н. Петрова, А.И. Писаренко, С.В. Починкова, Е.М. Руновой, В.В. Страхова, Н.П. Чупрова, Я.Я. Яндыганова, Г.А. Прешкина и др. В отмеченной научной литературе развитие транспортной сети лесных территорий предлагается рассматривать через взаимосвязь экологических, социальных и экономических аспектов, выдвигая на первое место экологический аспект в формате экологической безопасности лесных дорог, при этом взаимосвязь транспортной сети и лесной экосистемы не рассматривается.

В сфере экономической оценки использования лесов отмечены работы В.А. Ивлева, К.В. Доможировой, Г.А. Князевой, Ю.В. Лебедева, В.Г. Логинова, Н.Б. Ефимовой, А.П. Петрова, А. И. Писаренко, С. В. Починкова, В.В. Страхова, Л.А. Зазыкиной, Н.П. Чупрова, и др. Также следует отметить научные труды по проблеме экономической оценки доступности лесных ресурсов: А.П. Петрова, В.А. Соколова, А.П. Мохирева, И.В. Пфаненштиль, Г.Н. Филюшкиной, Г.А. Князевой и др. В данных трудах развитие транспортной сети лесных территорий предлагается рассматривать посредством взаимосвязи эксплуатационных, финансово-инвестиционных, организационно-экономических и институциональных факторов.

В области планирования сети лесных дорог известны работы таких ученых как Б.А. Ильина, Г.А. Борисова, Э.О. Салминена, Б.М. Большакова, Р.Н. Ковалева, А. В. Скрыпникова, А.Ю. Мануковского, Д.В. Ложника, Р.А. Черных, А.А. Ранцева, Б.И. Кувалдина, Ю.М. Ельдештейна, Е.С. Матвеевко, Р.И. Абдряшитова и др. А также серьезное внимание вопросам экономико-математической оптимизации проектирования и создания сети лесовозных дорог было уделено в работах J. Sessions, A. Weintraub, R. Church, A. Murray, M. Guignard. Анализ обозначенной научной литературы позволяет констатировать чрезвычайную актуальность проблемы развития сети лесных дорог, эколого-экономической эффективности ее функционирования, а также ее влияние на эффективность фондоотдачи лесных земель в условиях устойчивого управления лесами.

Процессам воспроизводства, сохранения лесных ресурсов и биоразнообразия посвящено большое количество исследований: Л.В. Буряк, В.А. Иванова, Л.В. Зленко, С.В. Заселова, С.А. Денисова, Т.А. Конюховой, Т.С. Рачковой, С.Л. Шевелева, А.В. Волокитиной и др.

Несмотря на актуальность проблемы обеспечения устойчивого развития территорий лесного фонда и имеющиеся научные достижения в этой области, как в России, так и за рубежом, в отечественной науке пока накоплен незначительный объем исследований, рассматривающих лесотранспортные системы как один из основных факторов, который в современных условиях хозяйствования способствует достижению цели отмеченного развития лесных земель. Комплексное рассмотрение влияния лесотранспортных систем на продуктивность лесных территорий в научной литературе присутствует лишь косвенно и носит локальный характер.

Вопросам оценки ущербов окружающей среде от негативных воздействий посвящено много научных исследований: Н.В. Хильченко, Ю.В. Лебедева, Е.В. Потаповой, Т.А. Матвеевой, О.И. Гавриловой, В.П. Макарова и др. В данной научной литературе отсутствуют исследования по теме повышения отдачи от лесопользования посредством развития транспортной сети на территории лесного фонда, которая позволит провести весь комплекс лесохозяйственных мероприятий после лесных пожаров. А также о том, насколько при наличии развитой дорожной сети сократиться эколого-экономический ущерб, причиненный пожарами лесным экосистемам, и ускорится процесс лесовосстановления, как обозначенные выше факторы повлияют на эффективность лесопользования и на экономическую стоимость лесных земель в целом.

Таким образом, очевидна актуальность дальнейшего исследования рассматриваемой проблемы.

**Цель работы.** Разработка методологии планирования транспортной сети на территории лесного фонда с учетом взаимосвязи ее параметров и продуктивности лесных земель, позволяющей обеспечить рациональность

проведения лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий, в целях обеспечения устойчивого развития лесных территорий региона.

**Задачи исследования:**

1. Обобщить и проанализировать теоретические и методологические основы устойчивого управления лесами и лесопользованием с учетом фактора уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда.

2. Установить взаимосвязь уровня развития лесотранспортной сети и эффективности проведения лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий на основе качественно-количественного критерия.

3. На основе установленных зависимостей, применительно к объекту исследования, разработать методики оценивания эффективности реализации лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий на базе критерия максимизации ресурсоотдачи (комплексной продуктивности) лесных территорий в условиях многоцелевого лесопользования.

4. На базе разработанного методологического аппарата в рамках концепции устойчивого управления лесами и лесопользованием разработать комплексную модель оценивания эффективности планирования транспортной сети на территории лесного фонда, обеспечивающую рациональность проведения лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий с учетом принципов системности, закономерностей технологического уклада, а также характеристик лесотранспортной сети.

5. Произвести экспериментальное обоснование методологии оценки эффективности планирования, создания и развития лесной транспортной сети на базе комплексного подхода.

**Предмет и объект исследования.**

**Предметом исследования** являются параметры лесотранспортной сети и ресурсный потенциал лесных земель.

**Объектом исследования** является взаимосвязь параметров лесотранспортной сети и ресурсного потенциала лесных земель в аспекте главного и разрешенного (побочного) пользования.

**Методологическая, теоретическая и эмпирическая база исследований.** Для получения и обработки данных использовались следующие методы: системный анализ, методы целочисленного и динамического программирования, дифференциального и интегрального исчисления, экономико-математического и динамического моделирования, инструментарий теории вероятности, комбинаторики и математической статистики.

**Научной новизной обладают:**

1. Качественное и количественное обоснование наличия взаимозависимости между параметрами лесотранспортной сети, качеством реализации лесохозяйственных мероприятий и комплексным использованием лесных ресурсов. Выявлена необходимость учета численно установленной величины степени влияния друг на друга отмеченных показателей при разработке оптимизационных моделей, алгоритмов и методов, направленных на поиск путей повышения эффективности производства лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий.

2. Методика оценки эффективности использования ресурсного потенциала лесных земель (в аспекте главного и разрешенного (побочного) лесопользования) с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда. Предложенный методологический аппарат позволяет обеспечить интегральный подход к оценке ресурсного потенциала лесных земель с учетом уровня развития ТСЛФ на базе комплексного технико-социо-эколого-экономического критерия.

3. Методика оценивания эффективности лесовосстановительных мероприятий с учётом влияния уровня развития лесотранспортной сети. Предлагаемая методика предназначена для оценки качества проведения лесовосстановительных мероприятий как после главного пользования лесами, так и в после пожарный период. Методологический аппарат носит интегрированный характер, посредством которого при расчете показателя

эффективности лесовосстановления обеспечивается комплексный учет восстановления ресурсного потенциала лесных территорий в динамике.

4. Методика оценки величины комплексного эколого-экономического ущерба лесным экосистемам от пожаров с учётом влияния уровня развития лесотранспортной сети. Предложенный методологический аппарат основан на комплексном подходе к определению величины общего эколого-экономического ущерба от лесных пожаров на базе экосистемного принципа, учитывающего многостороннее назначение лесных благ, и оценки сопряженности показателя величины общего эколого-экономического ущерба от пожаров лесным экосистемам с уровнем развития лесотранспортной сети. Методика учитывает сокращение количества и величины лесных ресурсов и изменение средоформирующих и социальных функций леса в динамике в послепожарный период, и позволяет производить: более точное прогнозирование вероятности возникновения лесных пожаров на конкретных территориях, разработку рациональных стратегий их предотвращения и создание оптимальных резервов, достаточных для устранения последствий лесных пожаров, которые не были предупреждены.

5. Комплексная модель оценки эффективности планирования транспортной сети на территории лесного фонда, обеспечивающая рациональность проведения лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий с учетом принципов системности, закономерностей технологического уклада, а также характеристик лесотранспортной сети.

**Значимость для науки.** Получены новые зависимости между уровнем развития лесотранспортной сети, качеством проведения лесохозяйственных мероприятий и продуктивностью (комплексным использованием лесных ресурсов) территорий лесного фонда на основе критерия комплексной технико-эколого-экономической эффективности.

**Теоретическая значимость** заключается в исследовании взаимосвязи параметров уровня развития лесотранспортной сети и продуктивности

лесных территорий с учетом принципов устойчивого развития территорий, в разработке методического обеспечения теории определения эффективности планирования создания и развития транспортной сети на территории лесного фонда на основе комплексного технико-эколого-социо-экономического критерия оптимальности ее параметров.

**Практическая ценность работы.** Предложенные на основе теоретико-экспериментальных работ модели и рекомендации позволяют:

- произвести расчет комплексного технико-эколого-социо-экономического эффекта от реализации проекта планирования создания и развития ТСЛФ на базе качественно-количественного критерия оптимальности принятия инженерных решений;

- обеспечить рациональность транспортно-технологических схем вывозки лесного ресурса и проведения лесовосстановительных мероприятий с учетом природно-климатических и почвенно-грунтовых факторов;

- оценить уровень развития противопожарных лесных дорог и определить необходимость проектирования дополнительных лесных дорог лесохозяйственного назначения, благодаря которым будет обеспечиваться доставка сил и средств пожаротушения в нормативное время в отдаленные места;

- комплексно оценить ущерб лесным экосистемам от природных катастроф путем формирования совокупности натуральных показателей природных благ до и после катастроф (пожаров);

- осуществить прогнозирование вероятности возникновения лесных пожаров, разработку рациональных стратегий их предотвращения и создание оптимальных резервов (на базе расчета эколого-экономического ущерба лесным экосистемам с учетом создания и развития транспортной сети на территории лесного фонда), достаточных для устранения последствий лесных пожаров, которые не были предупреждены и произошли;

- объективно оценить результаты хозяйственной деятельности как лесопользователей, так и представителей органов управления лесным хозяйством;

- обеспечить корректный расчет суммарных затрат на создание и развитие транспортной сети на территории лесного фонда с учетом общего технико-эколого-социально-экономического эффекта от реализации государственного проекта;

- прогнозировать величину фактической прибыли от создания и развития транспортной сети на территории лесного фонда с учетом общего технико-эколого-социально-экономического эффекта от реализации государственного проекта.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Исследование взаимосвязей параметров уровня развития лесотранспортной сети и эффективности проведения лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий на основе качественно-количественного критерия.

2. Метод оценки эффективности использования ресурсного потенциала лесных земель с учетом уровня развития лесотранспортной сети на территории лесного фонда.

3. Метод оценки эффективности лесовосстановительных мероприятий с учётом влияния фактора уровня развития лесотранспортной сети.

4. Метод оценки величины комплексного эколого-экономического ущерба лесным экосистемам от пожаров с учётом влияния фактора уровня развития лесотранспортной сети.

5. Метод оценки эффективности планирования транспортной сети на территории лесного фонда, обеспечивающий рациональность проведения лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий на базе комплексного подхода.

**Личный вклад автора.** Заключается в обработке и анализе научно-технических источников информации, обосновании темы, определении цели,

формулировке задач исследования, получении теоретических и экспериментальных результатов, их обработке, интерпретации и внедрении в производство.

**Соответствие диссертационной работы паспорту научной специальности.** Результаты, выносимые на защиту, относятся к пункту 6 – «Выбор технологий, оптимизация параметров процессов с учетом воздействия на смежные производственные процессы и окружающую среду» и к пункту 15 - «Обоснование схем транспортного освоения лесосырьевых баз, поставки лесопродукции, выбора техники и способов строительства лесовозных дорог и инженерных сооружений» (паспорт специальности 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства).

**Достоверность результатов исследований** обеспечена: использованием в работе современных, апробированных теоретических подходов с применением аналитических и экспериментальных методов исследований; использованием инструментария математической статистики при обработке результатов исследований; сходимостью теоретических положений и экспериментальных результатов.

**Апробация работы.** Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: международной научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе» (Пермь, 2019 г.); международной научно-практической конференции «Научные открытия: проекты, стратегии и развитие» (Эдинбург, 2019 г.); международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки: теория, технология, методология и практика» (Уфа, 2019 г.); международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы авиации и космонавтики» (Красноярск, 2019 г.); международной мультидисциплинарной конференции «FarEastCon» (Владивосток, 2019г.); международной научно-практической конференции «Логистические системы в глобальной экономике» (Красноярск, 2020-2021 гг.); международной научно-технической конференции «Эффективный ответ

на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса» (Екатеринбург, 2021г.); международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» (Вологда, 2021г.); всероссийской научно-практической конференции «Лесной и химический комплексы - проблемы и решения» (Красноярск, 2020-2021 гг.); всероссийской научно-практической конференции «Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины» (Красноярск, 2020-2021гг.; всероссийской научно-практической конференции «Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения» (Красноярск, 2020 -2021гг.); международной научно-практической конференции «Проблемы «Challenges in Science of Nowadays» (Вашингтон, 2020 г.); международной научно-практической конференции «Science and Practice: Implementation to Modern Society» (Манчестер, 2020г.); всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки» (Красноярск, 2020 -2021гг.); международной научно-практической конференции «Scientific Research in XXI Century» (Ottawa, 2020г.); всероссийской научно-технической конференции «Автомобиле- и тракторостроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства» (Ижевск, 2021 г.); российской научно-технической конференции (с международным участием) «Инновационные технологии в электронике и приборостроении» (Москва, 2021г.); международном семинаре «Серия конференций IOP: Материаловедение и инженерия» (Красноярск, 2019-2021 гг.); международном семинаре «Серия конференций IOP: Материаловедение и инженерия» (Барнаул, 2019 г.), «International Scientific Conference Transport of Siberia» (Новосибирск, 2020 2021гг.).

**Реализация работы.** Результаты диссертационной работы внедрены в Министерство лесного хозяйства по Красноярскому краю, КГБУ

«Богучанское лесничество» (Красноярский край 2022г.), КГБУ «Манское лесничество» (Красноярский край 2022г.) и используются в учебном процессе и научно-исследовательской работе студентов направлений 35.03.02 и 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирском государственном университете науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева».

**Публикации.** Результаты исследований отражены в 55 научных работах общим объемом 50,79 п.л. (авторских 22,72 п.л.), в том числе в 14 статьях в изданиях, определенных ВАК Минобрнауки РФ, в 5 публикациях, размещенные в МБД Scopus и Web of Science, в 33 статьях и материалах конференций, в 3 монографиях. В работах, опубликованных в соавторстве, личное участие автора заключается в определении целей и задач работы, в выполнении теоретических и экспериментальных исследований и анализе их результатов.

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа состоит из введения, шести разделов, выводов и рекомендаций, списка используемых источников из 277 наименований и 5 приложений. Основной текст работы изложен на 335 страницах машинописного текста, иллюстрировано 72 рисунка и 78 таблиц. Общий объем работы с приложениями составляет 347 страниц.

# 1 Теоретические основы планирования транспортной сети на территории лесного фонда на основе принципов устойчивого управления лесами

## 1.1 Определение, сущность и основные критерии устойчивого управления лесами

Устойчивое управление лесами (SFM) – это целенаправленное использование лесов и земель лесного фонда в целом, таким образом, и на таком уровне, которые направлены на повышение продуктивности лесов и их экологической устойчивости, многоцелевое и неистощимое лесопользование, сохранение биоразнообразия лесов и выполнение лесами в настоящем и будущем экологических, экономических и социальных функций на глобальном, региональном и местном уровнях без нанесения ими ущерба другим экосистемам [21, 33, 243, 273 и др.]. Устойчивое управление лесами и лесопользованием осуществляется для сохранения лесных и иных связанных с лесом ресурсов, биологического и ландшафтного разнообразия, усиления экологических функций лесов, повышения экономической эффективности лесного хозяйства и удовлетворения потребителей в лесной продукции, соблюдения социальной справедливости в отношении работников лесной отрасли и связанного с лесами населения.

Цели устойчивого управления лесами на первый план выдвигают вопросы взаимоотношений в системах «общество - лесные ресурсы» и «лесопользование – воспроизводство лесных ресурсов». Первая форма взаимоотношений (экономическая) определяет пользование лесными ресурсами для удовлетворения потребностей общества, вторая (экологическая) – охрану, защиту и воспроизводство лесов. Сбалансировать эти формы взаимоотношений возможно с помощью правовых, административных и экономических механизмов. Устойчивое управление

лесами предполагает органическое объединение и сбалансированную реализацию обоих направлений через взаимосвязанные эколого-экономические механизмы лесопользования [См. рисунок 1.1].



Рисунок 1.1 – Сущность и основные аспекты устойчивого управления лесами

Исходя из важности соблюдения принципов устойчивого управления лесами в рамках нормального функционирования и развития не только лесного сектора и экономики России в целом, но и технико-социо-эколого-экономической эффективности лесопользования в международном аспекте, в целях настоящего исследования, ниже приведена краткая историческая справка относительно международных договоренностей в отношении

устойчивого лесопользования. «Необходимость устойчивого управления лесами и поддержания биологического разнообразия закреплена в международных документах, принятых на состоявшейся в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Конференции ООН по окружающей среде и развитию. Несмотря на особое внимание к лесам, на данной конференции было принято не имеющее обязательной силы заявление с изложением принципов для глобального консенсуса в отношении рационального использования, сохранения и устойчивого развития всех видов лесов, неофициально называемое также «Принципы лесоводства» или «Лесные принципы», а в итоговый документ «Повестка дня на XXI век» была включена глава 11 «Борьба с обезлесением».

С целью практической реализации положений двух этих документов в 1995 г. Комиссия ООН по устойчивому развитию создала Межправительственную группу по лесам (МГЛ). В заседаниях МГЛ помимо официальных делегаций могли участвовать общественные организации и представители коренных народов. Отчет МГЛ (1997) содержал 135 согласованных предложений для международного сообщества по преодолению кризисной ситуации с лесами мира. В 1997 г. вместо МГЛ был создан Межправительственный форум по лесам (МФЛ), который продолжил разработку предложений по лесам и включил в обсуждение такие вопросы, как необходимость принятия международной конвенции по лесам, разработка критериев и индикаторов устойчивого лесопользования, установление подлинных причин сокращения площади лесов, лесная торговля и охрана окружающей среды, оказание международной финансовой помощи и передача технологий. Всего в рамках деятельности МГЛ/МФЛ было согласовано около 300 предложений, которые, будучи основаны на консенсусе между государствами, носили характер «мягкого» закона. К тому же в них допускалась разная трактовка, использовалась нечеткая терминология и постоянно подчеркивались суверенные права государств на использование природных ресурсов. Предполагалось, что с помощью данных предложений каждая страна всесторонне оценит свою систему

лесоуправления, подготовит отчет для международного сообщества и разработает национальный план действий. Но эффективность работы МФЛ по сравнению с МГЛ заметно снизилась. Во-первых, слишком много времени тратилось на безрезультатное обсуждение Конвенции о лесах, что отразило неспособность государств прийти к общему мнению. Во-вторых, практическое внедрение указанных выше предложений затруднялось их необязательностью и отсутствием международного органа, координирующего и отслеживающего деятельность стран. В 2000 г. Экономический и социальный совет ООН взамен МФЛ создал постоянно действующий Форум ООН по лесам (ФЛООН), в задачи которого входил мониторинг деятельности на национальном уровне и оценка ее успешности. Кроме того, ФЛООН должен был стать платформой для международного сотрудничества и выработки единого понимания устойчивого лесоуправления на основе диалога между различными заинтересованными сторонами, а также инструментом практической реализации ранее согласованных мероприятий и усиления приверженности международного сообщества принципам устойчивого лесоуправления.

В 2007 г. Генеральная Ассамблея ООН утвердила разработанный форумом «Юридически необязательный инструмент по всем типам лесов», при этом деятельность ФЛООН сильно критикуется. Указывается, что участие общественных организаций и представителей коренных народов в работе форума и их возможности, в аспекте влияния на конечные результаты принятия решений сильно ограничены. Государственные делегации слишком увлекаются рассмотрением процедурных вопросов и согласованием текстов, забывая, что мировое сообщество в первую очередь ждет от них осязаемых практических результатов. В целом дискуссии на заседаниях Форума ООН по лесам весьма слабо влияют на деятельность стран участниц в области лесоуправления.

Хотя большинство документов конференции в Рио-де-Жанейро, касавшихся устойчивого лесоуправления, носили общий характер и были

необязательны для выполнения странами участницами, некоторые из них сыграли важную роль в разработке практических подходов к ведению устойчивого лесного хозяйства и способствовали их последующему закреплению в национальном законодательстве. Заслуживают упоминания межгосударственные критерии и индикаторы устойчивого лесопользования (КиИ) и национальные лесные программы, разработка которых предусматривалась упомянутыми выше «Принципами лесоводства».

Критерии устойчивого лесопользования представляют собой совокупность близких требований, следование которым обеспечивает сохранение и устойчивое развитие лесов. Выполнение каждого критерия оценивается с помощью нескольких научно обоснованных и измеряемых (описательно или количественно) индикаторов. Оценку индикаторов каждая страна проводит самостоятельно. Индикаторы позволяют выявить изменения и оценить их с точки зрения выполнения соответствующего критерия. Результаты оценки индикаторов должны быть доступны для общественности.

В настоящий момент существуют 8 международных министерских (межправительственных) процессов по разработке КиИ, которые направлены на выработку единых для стран участниц представлений об устойчивом лесопользовании, критериев и индикаторов. Решения принимаются в рамках конференций на уровне министров, отвечающих за лесопользование. около 150 стран, объединенных по признаку географической близости или особенностей лесов. КиИ обязательны для исполнения странами-участницами процесса и служат для оценки того, насколько различные государства продвинулись в реализации принципов устойчивого лесопользования. Россия участвует в двух таких процессах: Хельсинкском и Монреальском.

Хельсинкский процесс назван по месту проведения второй конференции на уровне министров в рамках Общеввропейского процесса по сохранению лесов Европы, где обсуждалась реализация «Принципов

лесоводства» и других решений, принятых в Рио-де-Жанейро. Его рабочая группа разработала «Общевропейские критерии и индикаторы устойчивого лесопользования» для стран Европы, которые были утверждены на конференции на уровне министров в Лиссабоне (1998). Эти КиИ содержали 6 критериев и 20 индикаторов. Они одинаковы для всех европейских стран и предназначены для оценки ситуации на национальном уровне, но неприменимы для отдельных лесохозяйственных единиц. Чтобы устранить этот недостаток, на той же конференции были приняты «Общевропейские указания операционного уровня по устойчивому лесопользованию» (Pan European Operational Level Guidelines for Sustainable Forest Management, PEOLG). В этом документе те же КиИ дополнены детальными указаниями по планированию и практике лесопользования (всего их 45). Данный документ позволяет проводить полевую оценку качества управления для отдельного участка леса. Однако эти указания не обязательны для использования [164, 169 и др.].

Монреальский процесс (назван по месту проведения первой конференции в 1995 г.) разработал КиИ для сохранения и устойчивого управления умеренными и бореальными лесами. В данном процессе помимо России участвуют Австралия, Канада, Чили, Китай, Япония, Мексика, Новая Зеландия, Республика Корея, США и др. Набор КиИ Монреальского процесса был одобрен в 1995 г. Он содержит 7 критериев и 67 индикаторов. Критерии одинаковы для всех стран участниц и предназначены для оценки ситуации на национальном уровне, но неприменимы для отдельной лесохозяйственной единицы [164].

Оба набора КиИ довольно близки и отражают современные представления об устойчивом лесопользовании. Однако применение КиИ на практике во многом зависит от желания правительства данной страны их использовать и от общего уровня организации лесного хозяйства, а также от готовности его работников к восприятию нового. Среди других проблем, снижающих практическую ценность КиИ, называют: отсутствие конкретных

целевых показателей, предписываемых индикаторами; слабую вовлеченность общественных организаций и лесопромышленных компаний в процесс выработки индикаторов, что особенно заметно на национальном уровне; использование статистических данных и отчетов вместо результатов практической деятельности для оценки успешности; выполнение оценки самим правительством, а не независимой организацией.

В 1998 г. Федеральная служба лесного хозяйства РФ в целях реализации Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию в части устойчивого лесопользования («Лесные принципы», «Повестка дня на XXI век») и в связи с ратификацией Конвенции ООН о биологическом разнообразии, Рамочной конвенции ООН об изменении климата, а также для выполнения решений XIX Специальной сессии Генеральной Ассамблеи ООН (Нью-Йорк, 1997) приняла Концепцию устойчивого управления лесами Российской Федерации и утвердила «Критерии и индикаторы устойчивого управления лесами Российской Федерации». Этот документ базировался на КиИ, разработанных для лесов Европы (Хельсинкский процесс) и умеренных и бореальных лесов мира (Монреальский процесс). По мнению некоторых экспертов, эти КиИ во многом базировались на устаревших представлениях и не полностью раскрывали задачи устойчивого лесопользования» [33, 42, 243, 273 и др.].

Современные принципы устойчивого управления лесами (sustainable forest management) заключаются в следующем:

1. Соответствие деятельности предприятий лесного сектора законодательству Российской Федерации
2. Постоянное рациональное лесопользование.
3. Рациональное, экономически эффективное использование ресурсов леса.
4. Сохранение жизнеспособности лесной среды и ее биологического разнообразия.

5. Сохранение почвозащитных, водорегулирующих функций леса и его воздействия на глобальный углеродный цикл.

6. Сохранение лесов в части их особой природоохранной и культурно-исторической ценности.

7. Экономически безопасная технология и организация производства по переработке древесного сырья и второстепенных лесных ресурсов.

8. Обеспечение социальных прав персонала предприятия.

9. Соблюдение прав местного населения на доступ к ресурсам и полезностям леса.

10. Открытость информации об общественно значимых сторонах деятельности предприятий.

Наиболее значимыми с точки зрения экономической устойчивости являются следующие принципы:

1. Соответствие деятельности предприятий лесного сектора законодательству Российской Федерации.

2. Постоянное рациональное лесопользование.

3. Рациональное, экономически эффективное использование ресурсов леса.

Одним из базовых принципов устойчивого управления в лесном секторе является соответствие деятельности предприятий лесного комплекса законодательству Российской Федерации. К таким законодательным актам относят, прежде всего, Лесной Кодекс; законы, регламентирующие порядок передачи в лесопользование лесных ресурсов и правила контроля за лесоэксплуатацией и др.

Несоблюдение законодательства Российской Федерации со стороны предприятий-участников производственного цикла в лесном секторе неизбежно ведет к нестабильности производства и нередко доводит предприятия до банкротства. Естественно, что и законы, регламентирующие работу предприятий, должны не препятствовать, а способствовать их успешной финансово-хозяйственной деятельности.

В последние годы между специалистами лесного комплекса, учеными, представителями законодательной и исполнительной власти ведется активная полемика по вопросам разработки современной лесной политики России и лесного законодательства. Достаточно часто точки зрения по основополагающим вопросам расходятся до диаметрально противоположных. Подробный анализ современной ситуации в лесном секторе России проводился многими ведущими специалистами [16, 122, 147-148, 213, 227 и др.]. В общем плане основные проблемы лесной отрасли концентрируются на несбалансированности интересов субъектов лесных отношений: общества, государства, лесничеств и лесопользователей [148].

В качестве второго базового принципа считается постоянное рациональное лесопользование. Постоянное лесопользование является необходимым условием функционирования лесных предприятий постоянного действия с развитой инфраструктурой, включающей сеть лесохозяйственных и лесовозных дорог круглогодичного действия, производства по переработке древесного сырья и второстепенных лесных ресурсов, собственную энергетическую базу, утилизацию древесных отходов и др. Именно постоянно действующие лесозаготовительные предприятия со стабильной сырьевой базой и развитой производственной и социальной инфраструктурой обладают необходимой экономической устойчивостью. В свою очередь эти предприятия обеспечивают стабильную, надежную сырьевую базу предприятиям лесопереработки.

В качестве третьего принципа экономически устойчивого управления лесами выступает рациональное, экономически эффективное использование ресурсов леса. Экономическая эффективность и устойчивость лесопромышленного производства решающим образом зависят от степени использования и глубины переработки древесного сырья и второстепенных лесных ресурсов. Отечественный и зарубежный опыт убеждают, что наилучших экономических результатов добиваются там, где организовано рациональное использование лесных ресурсов при их глубокой переработке.

Эта цель достигается, наряду с поставками древесного сырья на крупные специализированные лесоперерабатывающие предприятия (целлюлозно-бумажные комбинаты, заводы по производству ДВП и ДСП, фанерные предприятия и т.п.), организацией в лесозаготовительных предприятиях и в лесхозах лесопильных производств, деревянного домостроения, выпуска черновых заготовок различного назначения и т.п. Повышению экономической эффективности лесных предприятий способствует также развитие собственной энергетики за счет утилизации древесных отходов и нереализуемых лесных ресурсов. Кроме того, немаловажное значение для экономической стабильности лесных предприятий имеет заготовка и производство таких продуктов леса, как живица, пихтовое масло, хвойно-витаминная мука и других полезностей, пользующихся платежеспособным спросом. В зависимости от конкретных условий регионов и особенностей функционирования предприятий и организаций лесного сектора приоритеты управления лесами могут существенно различаться.

Лесной кодекс Российской Федерации предусматривает радикальную реформу российской системы управления лесами, в том числе передачу ответственности за управление лесами на уровень субъектов Российской Федерации. В основу оптимальной системы управления лесами положены принципы, основанные на минимизации постоянных издержек, подразумевающие существование относительно малочисленной государственной лесной службы (лесничества и лесопарки) и выполнение подавляющего большинства хозяйственных мероприятий внешними исполнителями-контрактниками: арендаторами, реформированными лесхозами.

С учетом вышеизложенного, в контексте устойчивого управления лесами и лесопользованием, предмет управления и труда – лесные ресурсы, можно рассматривать, как одни из самых необходимых и чрезвычайно важных природных ресурсов мира, обладающих возобновляемостью [234 и др.]. В целях настоящего исследования, для подтверждения необходимости

оценки лесных территорий на базе показателя комплексной продуктивности рассмотрим сущность лесных ресурсов наиболее подробно.

## 1.2 Определение, сущность лесных ресурсов и понятие комплексной продуктивности лесных территорий

До сравнительно недавнего времени многие специалисты лесного профиля рассматривали лесные ресурсы только с позиции использования (заготовки, переработки и воспроизводства) древесного сырья. В настоящее время лесные земли рассматриваются в виде источника различных видов природных благ, развивающегося по определенным закономерностям лесообразовательного процесса, с учетом антропогенных факторов. В современной интерпретации одних исследователей лесные блага определяются как комплекс разнообразной продукции (лесные ресурсы) и всех полезностей леса [120]. Другие исследователи под лесными ресурсами понимают все продукты и полезности леса, используемые в общественном производстве и воспроизводимые в процессе ведения лесного хозяйства для удовлетворения потребностей общества [122]. Или в другой интерпретации [211]: лесные ресурсы (ресурсы продуцентов) – лесные богатства, составленные древесиной, продуктами побочного пользования лесом в сочетании с общественно-полезными, защитными и ресурсоохранными функциями леса. В целом к лесным ресурсам относятся:

- древесные (древесина, заготавливаемая в процессе всех видов рубок);  
технические (недревесные: живица, гуттаперча, танины – дубильные вещества, органические красители и пр.); пищевые (съедобные биологические продукты леса – грибы, ягоды, плоды, орехи и т.д., дикие животные и птицы и др.); кормовые (травы, веточный корм и хвойная лапка и др.); лекарственные (плоды, листья, хвоя, травы, корни и др.), используемые в фармакологии;

- все средообразующие, защитные, социальные и другие полезности леса.

Продуктивность лесных территорий в современном понимании включает в себя всю совокупность всех природных благ или вышеуказанных ресурсов и полезностей. Комплексную продуктивность лесов можно рассматривать, как уровень использования производительных сил природы, обеспечивающий высокую эффективность формирования необходимых по качеству и количеству всех лесных ресурсов и выполнение экологических и социальных функций в определенные периоды времени на единице площади. Комплексная продуктивность, согласно научной литературе [201 и др.] включает в себя все виды продуктивности – древесную, биологическую, экологическую. Однако это не механическое объединение. Теоретически максимальную комплексную продуктивность можно представить 100%-ным охватом всех видов продуктивности с их элементами [202 и др.]. На практике реальный максимум продуктивности, будучи сопряженным с конкретными не только природными, но и экономическими и антропогенными условиями, обычно не означает всеобъемлющей комплексной продуктивности, а комплексная продуктивность не означает равное положение ее компонентов. В зависимости от природных условий, целей и возможностей хозяйства в ней выделяются приоритетные и сопутствующие направления и их сочетания. Объем комплексной продуктивности леса расширяется все более в теоретическом и практическом понимании. Это связано с научно-техническим прогрессом, расширяющим рамки многоцелевого использования леса. Однако вопросы экономической оценки комплексной продуктивности лесных территорий имеют в настоящее время недостаточную научную проработку [202 и др.]. В этой связи, очевидно, что разработка методологии экономической оценки комплексной продуктивности лесных территорий представляет значительный научный интерес. Оценка комплексной продуктивности территорий лесного фонда должно послужить основой решения таких практических задач как: более

полного и рационального использования лесных ресурсов, включая ресурсы, определенные в научной литературе [201-203 и др.] как «невесомые полезности леса»; повышения эффективности лесохозяйственных мероприятий по восстановлению, охране и защите лесов.

Подводя итоги п. 1.2 настоящего исследования, можно заключить, что насущной проблемой развития лесного комплекса России является обеспечение при лесопользовании принципов устойчивого управления лесами, т.е. соблюдение, прежде всего, требований рационального, неистощительного и непрерывного использования лесных ресурсов. В этой связи важны вопросы создания необходимых условий для корректировки механизмов принятия решений в лесной отрасли, ориентированных на сбалансированное лесопользование, направленное на достижение максимума комплексной продуктивности лесных земель, увязанное с техническими средствами и технологиями лесоводственных и лесозаготовительных операций, с глубиной переработки лесной продукции. И здесь очень важной составляющей этой крупной народно-хозяйственной проблемы является разработка методологии планирования и оценки влияния на эффективность управления лесами транспортной сети на территории лесного фонда (ТСЛФ).

### 1.3 Понятие, сущность и значение лесных транспортных сетей

Традиционно в научных трудах под понятием «транспортной инфраструктуры на территории лесного фонда» принято рассматривать взаимосвязь дорожного хозяйства и транспортного парка организаций, расположенных на лесных территориях. Некоторые авторы включают в состав обозначенной инфраструктуры также остановочные разгрузочно-погрузочные платформы. Другие ученые [222 и др.] рассматривают транспортную инфраструктуру лесных территорий как систему взаимосвязанных между собой элементов: специальных лесовозных дорог и дорог общего пользования лесных территорий, специализированные

транспортно-логические центры, придорожные организации ремонта и сервиса и единую информационно-коммуникационную систему управления.

В области определения функций транспортной сети лесных территорий ряд ученых выделяют следующие:

- развитие смежных производств;
- снижение издержек обращения и увеличение деловой активности организаций;
- рост возможностей маршрутизации и складирования грузов на лесных территориях;
- относительное повышение привлекательности лесных территорий.

Одной из основных проблем технико-эколого-социо-экономического развития лесных земель регионов и страны в целом, ученые считают недостаточную развитость лесной транспортной сети. Например, Р.Н. Ковалев отмечает, что «Исторически сложилось так, что лесные дороги у нас строились только в расчете на освоение лесных массивов с приспевающими и спелыми древостоями, не считаясь с оптимальностью в разрезе территории лесного фонда региона в целом. При переходе на рельсы рыночной экономики строительство лесных дорог практически прекратилось» [96].

Неразвитость транспортной сети лесных территорий проявляется:

- в отставании темпов ввода в эксплуатацию лесовозных дорог по сравнению с темпами освоения лесных ресурсов;
- в отсутствии транспортно-логистических центров лесных территорий, учитывающих специфические особенности лесного хозяйства.

Р.А. Черных [245] по поводу неразвитости транспортной сети лесных территорий в России отмечает следующее: «Основной фактор, сдерживающий рост объемов лесозаготовок в РФ – слаборазвитая дорожная инфраструктура, вследствие чего интенсивные лесозаготовки осуществляются только 4-6 месяцев в году, так как из имеющихся лесовозных дорог 80% не являются круглогодичными» [245]. Недооценка роли и места транспортной сети на территориях лесного фонда приводит к

существенному ограничению технико-эколога-социо-экономического развития лесных территорий региона [233]. Поскольку именно транспортная сеть обеспечивает снижение удельного веса транспортных расходов в цене продукции организаций лесного сектора, увеличивает уровень деловой активности субъектов хозяйствования, повышает транспортную доступность лесопокрытых территорий, обеспечивает их социально-экономическое развитие, способствует технико-эколога-социо-экономической целостности лесных территорий. Развитие транспортной сети лесных территорий одни ученые [222 и др.] предлагают рассматривать посредством взаимосвязи эксплуатационных, финансово-инвестиционных, организационно-экономических и институциональных факторов. В других научных трудах [96, 254 и др.] развитие лесной транспортной сети рассматривается через взаимосвязь экологических, социальных и экономических аспектов, выдвигая на первое место экологический аспект в формате экологической безопасности лесных дорог. Экологическая безопасность лесных дорог предлагается устанавливать с использованием набора экологических показателей, определяющих характеристики и свойства дороги, как источника воздействия на природную и социальную среду. К экологическим рекомендуется относить следующие показатели, которые характеризуют уровень загрязнения воздуха, воды, почвы, воздействия на биосферу и отражают совместное влияние на природу дорожных машин, автомобильного транспорта и инженерных сооружений, возводимых при строительстве лесных дорог [133, 254 и др.]. Таким образом, подобный подход к развитию лесной транспортной сети, определяет необходимость принятия экологически обоснованных решений при создании сети лесных дорог, предназначенных для использования лесов, их охраны, защиты и воспроизводства. Тем самым обеспечивая: минимальный ущерб природной среде; экологическую безопасность и благоприятные условия для сохранения природных ландшафтов, лесов, расположенных на особо охраняемых природных территориях, особо защитных участках и водоохранных зонах;

рациональное и экономное расходование природных ресурсов; сохранение биологического разнообразия охраняемых природных и археологических объектов.

Учитывая вышеизложенное, в рамках обозначенного подхода, лесная транспортная сеть, должна обеспечивать проведение мероприятий, связанных с защитой и восстановлением лесов, повышением их продуктивности и качественных характеристик, что невозможно осуществить без соблюдения экологических, социальных и экономических принципов хозяйствования [254 и др.].

По-нашему мнению, рациональность выдвигаемых научных положений присутствует в обоих подходах к развитию территорий лесного фонда. Но следует отметить отсутствие комплексности при оценке влияния транспортной сети на развитие лесных территорий, в первом подходе не учитывается экологическая составляющая, а во втором технологические аспекты. Причем рассмотрение роли транспортной сети на территории лесного фонда, как правило, осуществляется с позиции главного лесопользования, в основном, опуская его многоцелевой характер в условиях устойчивого управления лесами.

Учитывая вышеизложенное, в целях настоящего исследования, рассмотрим основные научные подходы к устойчивому управлению лесами в аспекте наличия в них учета влияния транспортной сети на эффективность лесопользования.

#### 1.4 Оценка степени влияния уровня развития лесотранспортной сети на продуктивность лесных земель в основных научных подходах к устойчивому управлению лесами

В современных экономических условиях среди приоритетных задач, стоящих перед лесной отраслью, первостепенное значение приобретают следующие: обеспечение многоцелевого, рационального, непрерывного,

неистощимого лесопользования; повышение комплексной продуктивности лесных земель. При этом транспортные системы на территории лесного фонда имеют решающее значение, поскольку без них невозможно использование, охрана, защита и воспроизводство лесов.

В целях настоящего исследования произведем анализ основных научных подходов к устойчивому управлению лесами и лесопользованием относительно степени разработанности вопроса повышения эффективности фондоотдачи лесных земель посредством планирования транспортной сети.

1. Комплексный подход. Он позволяет учитывать технические, экономические, экологические, организационные, социальные и другие аспекты управления, а также увидеть их взаимосвязи. Если упустить один из указанных аспектов управления, то проблема будет решена не эффективно. Комплексный подход позволяет рассмотреть лесные ресурсы с точек зрения экологической, экономической и социальной полезности одновременно при любом виде освоения.

*Экономическая полезность лесного ресурса* (ценность пользования) возникает в процессе использования древостоя как непосредственного ресурса и в основном связана с получением древесины, недревесных ресурсов, а также побочным использованием.

*Экологическая полезность лесного ресурса* является его ценностью неиспользования [41] и выражается в средоформирующей функции лесов на планете [120]. Лес как экосистема позволяет сохранить природные комплексы территорий и обеспечить жизнедеятельность человека как биологического существа.

*Социальная полезность лесного ресурса* (неотъемлемая ценность) связана с рекреационными условиями территорий, оздоровительной функцией лесов и эстетическим восприятием человека. Данная ценность удовлетворяет духовные потребности человека. Освоение лесного ресурса человеком является вмешательством в естественный природный баланс, однако при комплексном подходе управления эффективность

лесоиспользования повышается, так как происходит не только изъятие лесных ресурсов, но и интенсивное их восстановление, охрана и защита.

Комплексное использование лесного ресурса подразумевает под собой экономически оправданное рациональное освоение леса с извлечением выгоды от использования всех возможных полезностей.

Однако особенность использования лесного ресурса заключается в том, что все три полезности не могут быть извлечены одновременно, являются взаимоисключающими при разных способах освоения. Данное обстоятельство требует совершенствования инструментов алгоритмов принятия решений в области лесопользования для организации максимально эффективного и рационального процесса освоения лесов.

Механизм комплексного подхода к использованию лесного ресурса служит инструментом регулирования освоения, защиты, охраны и воспроизводства лесных ресурсов территории не только на основании норм законодательства, но и на основании потребностей общества в древесных ресурсах, рекреационных ресурсах и сохранении природных территориальных комплексов. Таким образом, комплексное использование лесных ресурсов является важным фактором устойчивого социально-экономического развития территорий. Однако в научной литературе влияние лесотранспортной системы на возможность комплексного использования лесных ресурсов практически не рассматривается.

2. Системный подход. Данный подход к устойчивому управлению лесами позволит избежать ситуации, когда принятое решение в одной сфере превратится в проблему для другой. При системном подходе управление лесопользованием рассматривается как единый организм с учетом связей между различными элементами и внешних связей с другими системами. Динамический характер системы выражается в том, что она находится в непрерывном процессе становления и приобретения новых свойств.

Таким образом, использование принципа системности, как одного из наиболее значимых свойств транспортной инфраструктуры лесных

территорий региона, предполагает взаимоувязанность отдельных элементов транспортной инфраструктуры лесных территорий с целью обеспечения синергетического эффекта их взаимодействия. В рамках системного подхода к устойчивому управлению лесами авторами научных трудов [132, 235-236 и др.] производится рассмотрение транспортной сети на территории лесного фонда как единой системы, имеющей динамическую структуру. Например, Р.Н. Ковалев отмечает [96], что «транспортная сеть на территории лесного фонда, как система существует в производственной среде, подверженной изменениям – параметры лесного фонда изменяются в соответствии с биологическими закономерностями роста древостоев, происходит перевод части территории лесов из одной категории в другую, меняется лесное и экологическое законодательство, требования к используемым технологиям и т.д. Вот почему она экономически эффективна, если в каждый момент времени она соответствует требованиям внешней среды. Процесс такого приспособления является адаптацией. Поэтому сейчас актуально рассматривать транспортную систему лесного фонда не только как сформированную систему в виде материализованного единства взаимосвязанных технических объектов, но и как сложную открытую систему, характеризующуюся функционированием, развитием и адаптацией во взаимосвязи с внешней средой. Такое рассмотрение отражает не только потребности производства, но и современный уровень исследования транспортных систем, который последовательно развивается с переходом от изучения отдельных элементов со статическими характеристиками к пространственным, динамическим, адаптивным системам». В контексте системы отраслевого и территориального значения в научной литературе [96] рассматриваются: совокупность интересов грузоперевозчиков – пользователей лесных дорог и потребности прогрессивного социально-экономического развития лесных территорий. В рамках территориального аспекта выделяются такие элементы системы, как: дороги общего пользования лесных территорий, специализированные транспортно-

логистические центры, придорожные организации ремонта и сервиса, оказывающие влияние на социально-экономическое развитие лесных территорий. Отраслевой аспект выделяет систему специальных лесовозных дорог, оказывающих влияние на функционирование регионального лесозаготовительного комплекса.

В научных трудах [235-236] в качестве системы леса рассматриваются как единая динамически развивающаяся экосистема.

Комплексное рассмотрение влияния лесотранспортных систем на эффективность фондоотдачи лесных земель в научной литературе присутствует лишь косвенно. Однако отсутствие транспортной доступности исключает любой вид освоения земель лесного фонда.

3. Процессный подход в устойчивом управлении лесами рассматривается как совокупность взаимосвязанных функций управления, выстроенных в непрерывный процесс. Этот подход был впервые сформулирован представителями школы административного управления [42]. Деятельность по достижению цели рассматривается в процессном подходе как серия непрерывных действий, каждое из которых само по себе также является процессом. Такой подход обеспечивает наглядность процесса управления, удобство для анализа каждого элемента и отсюда выявляется преимущество применения процессного подхода для «тотального управления». Обзор актуальной литературы [42, 168, 226, 234 и др.] позволяет выявить следующие основные функции управления: планирование, организация, мотивация, контроль. На этапе планирования определяются цели развития территорий, средства и наиболее эффективные методы для достижения этих целей. Следует отметить, что транспортная сеть является основным средством достижения обозначенных целей лесопользования.

В формате планирования транспортная сеть, функционирующая на территории лесного фонда регионов страны, является важным и капиталоемким компонентом современной лесной экосистемы, без неё

невозможно получение каких-либо реальных экономических доходов от использования лесных ресурсов и реализации экологического потенциала лесных территорий, не говоря уже о достижении максимума их технико-эколого-социо-экологической продуктивности. ТСЛФ в рамках совокупности элементов процессного и системного подходов можно рассматривать как сложную передаточную динамически развивающуюся систему путей, транспортных средств, погрузочных, перегрузочных, разгрузочных машин, связывающих совокупность грузообразующих лесных кварталов и выделов с транзитным путем транспорта лесопродукции потребителям. Между элементами ТСЛФ существуют технологические, технико-экономические, организационные и управленческие связи, которые в совокупности и определяют ее структуру в 2-х аспектах – статическом (устойчивые отношения) и динамическом (способ функционирования и взаимодействия элементов) [96]. Планирование ТСЛФ, согласно источнику [96] должно осуществляться с учетом современных реалий рыночной экономики и принципов устойчивого развития. Задача планирования новой ТСЛФ в целом и её дорожной сети в частности требует значительных финансово-материальных ресурсов и поэтому должна быть научно обоснована. Важно с учетом экологической направленности современного лесопользования обосновать эффективность затрат на создание и развитие лесной дорожной сети (ЛДС) с учетом общего эколого-социально-экономического эффекта от реализации государственного проекта. Очевидно, что лесная отрасль не может за короткое время качественно повысить уровень развития существующей ТСЛФ и развить ее до оптимальных параметров ввиду огромной капиталоемкости задачи. В этих условиях лесопользования возникает острая необходимость формирования единой научно-технической стратегии её развития, при которой необходимо рассматривать не какой-то узкий вопрос, а развитие лесной транспортной инфраструктуры в целом на основе принципов устойчивого развития территорий. Конечно, рациональное включение отдельных дорог в общую систему лесопользования представляет

собой сложную, но очень важную для общества задачу. Например, немецкий ученый Р. Dietz считал, что оптимальное соотношение капитала, инвестируемого в технику, дороги и лесное хозяйство, составляет 1:15:100 [271]. При проектировании ТСЛФ необходимо учитывать, что существующая лесная транспортная инфраструктура планировалась: поэлементно разными проектными организациями; без адаптации к изменениям производственных условий, связанных с изменениями внешней среды; без учета перспективы развития. Таким образом, роль планирования ТСЛФ заключается в обеспечении достижения цели устойчивого управления лесами.

В целях достижения устойчивого развития территорий лесного фонда необходимо единое направление усилий всех территориальных субъектов, посредством эффективной организации процесса управления лесами и лесопользованием. Организация как функция управления лесами и лесопользованием формирует структуру устойчивого развития и обеспечивает территорию лесного фонда необходимыми ресурсами. Вступление в контрактные отношения, распределение ответственности за исполнение соглашений между институтами происходит на основе запланированных целей. Не менее важным и трудоемким в процессе управления лесами является мотивация – стимулирование хозяйствующих субъектов к деятельности для достижения целей устойчивого социально-экономического развития территорий лесного фонда. Внутреннее побуждение к действиям является результатом многогранной структуры потребностей, которые постоянно изменяются. Отсюда мотивация становится процессом создания условий для удовлетворения хозяйствующими субъектами своих потребностей в краткосрочной перспективе и повышения устойчивости развития территорий в долгосрочном периоде. В контексте процессного подхода большинство научных трудов посвящено проблеме недостаточной мотивации со стороны государства лесозаготовителей на осуществление эффективных лесохозяйственных мероприятий. Замыкающим звеном процесса управления

лесами является контроль. Эта функция предполагает оценку и анализ эффективности результатов работы всех элементов институциональной структуры: региональной власти, бизнеса и социальных институтов. Контроль связывает воедино все функции управления, позволяет выдерживать нужное направление деятельности каждому элементу структуры и своевременно вносить корректировки для повышения эффективности устойчивого развития территорий лесного фонда.

4. Институциональный подход определяет правила деятельности экономических агентов лесной отрасли и объекты контроля. Институциональный подход выражается в формировании государственных и негосударственных институтов правовых и социальных норм, посредством которых реализуются социально-экономические отношения, регулируемые нормативно-правовой базой. Система институтов создает структуру побудительных мотивов взаимодействия.

Основную неопределенность в разрезе институционального подхода в управление лесами в настоящее время привносит нормативно-правовая база по вопросам планирования создания и развития транспортных сетей на территориях лесного фонда. Во времена СССР планирование создания и развития лесотранспортных сетей на лесных территориях осуществлялось крупными лесозаготовительными предприятиями. В настоящее же время бытует мнение, что лесные транспортные сети должны планироваться по линиям крупных водоразделов [96].

По-нашему мнению, данное планирование ТСЛФ не является, применительно к различным регионам, экономически целесообразным (т.к. линии крупных водоразделов не всегда характеризуются наличием эксплуатационных лесов, также не стоит пренебрегать учетом в отмеченном планировании природно-климатических условий региона и т.д.). Важным аспектом планирования транспортной сети был и остается показатель окупаемости государственного проекта. В этой связи снова поднимается вопрос в рамках институционального подхода о формировании показателя

общей экономической стоимости участков лесных земель. Важность обозначенной проблемы в тематике произведенного нами настоящего исследования обуславливается взаимосвязью общей экономической стоимости и земельной ренты, определяющей эколого-экономический потенциал и экономическую доступность лесных территорий (подробно рассмотрена в п. 1.3.2 настоящего исследования). В свою очередь эколого-экономический потенциал и экономическая доступность лесных территорий являются важными составляющими комплексной оценки влияния ТСЛФ на эффективность лесопользования. Поэтому рассмотрение проблем оценки общей экономической стоимости лесных земель с точки зрения влияния на неё уровня развития ТСЛФ является важной составляющей диссертационного исследования. В контексте данной проблемы, необходимо оценить вопрос соотношения затрат на создание и развитие ТСЛФ и технико-эколого-социально-экономической эффективности лесопользования от данных затрат, выражающиеся через изменение общей экономической стоимости осваиваемых лесных территорий.

Определение состава и величины главных составляющих общей экономической стоимости лесных территорий – это способ решения социальных, технико-экономических и политических задач существования и развития лесных территорий посредством данной оценки. Однако в настоящее время единой методики определения общей экономической стоимости лесных земель не существует, данные методики различны и характеризуются наличием усредненных показателей, что влечет за собой грубые ошибки в определении указанной стоимости лесных земель [39 и др.].

На сегодняшний день большинство научных трудов содержат предложения в области разработки методик экономической оценки лесных ресурсов и лесных земель, доступности древесных ресурсов и формированию квоты на ресурсы [42, 127, 199-200, 202-204 и др.]. Исходя из анализа научной литературы по обозначенной проблеме, по-нашему мнению, прежде всего, необходимо учитывать влияние на величину общей экономической

стоимости лесных земель такого важного фактора как наличие транспортной сети, определяющей экономическую доступность лесных ресурсов. При этом важно оценить как фактическое наличие и качество существующей ТСЛФ, так и решить задачу, какой должна быть оптимальная транспортная сеть, при которой общая экономическая стоимость участка земель лесного фонда на конкретной территории будет максимальной. Таким образом, в рамках социального развития лесных территорий авторы [16, 163, 225 и др.], применяющие в своих научных исследованиях процессный и институциональный подходы, не рассматривали планирование лесной дорожной сети как механизма повышения социо-экономического развития территорий лесного фонда.

5. Воспроизводственный подход. Применение воспроизводственного подхода необходимо применительно к лесным ресурсам для выявления основ их воспроизводственного цикла. Особенностью лесного ресурса является возможность естественного воспроизводства. Масштаб простого воспроизводства лесных ресурсов как условие комплексного управления лесами обеспечивается лесохозяйственными мероприятиями региональных систем управления. Масштаб расширенного воспроизводства обеспечивается набором мероприятий, направленных на повышение продуктивности леса и интенсификации лесопользования. В рамках требований комплексного управления лесопользование должно обеспечивать как потребность общества в экономических, экологических и социальных полезностях лесных ресурсов, так и постоянное воспроизводство всего многообразия экосистем в регионе для нынешнего и будущих поколений.

Процессам воспроизводства, сохранения лесных ресурсов и биоразнообразия посвящено большое количество исследований [11, 33-35, 146 и др.], в частности, изучению лесовосстановительных процессов в нарушенных пожарами лесных экосистемах посвящены научные труды Буряк Л.В., Иванова В.А., Зленко Л.В. Денисова С.А., Конюховой Т.А., Рачковой Т.С., Гавриловой О.И., Волокитиной А.В. и др. Авторы сходятся во

мнении, что процесс воспроизводства лесных ресурсов можно рассматривать как систему «лесоупользование-лесовосстановление» [42]. В основе теории воспроизводства лесных ресурсов лежит стволовая древесина и связанные с ней процессы воспроизводства. Главной причиной является то, что все видовое разнообразие определяется видом основной произрастающей породы, т.к. создаются определенные условия, связанные с пологом данной породы (вертикальная структура). Другой, не менее определяющей причиной, является тип и строение почвы, место и условия произрастания (горизонтальная структура). Лесохозяйственные мероприятия представляют целостную совокупность действий: способы рубок, возобновление, уход за лесом, защита от вредителей и болезней, охрана от пожаров и другие меры, обеспечивающие воспроизводство природных ресурсов, сохранность и устойчивость лесов к неблагоприятным антропогенным, техногенным и стихийным факторам окружающей среды. Сохранение и рациональное использование лесов, стабилизирующих основные биосферные процессы регионов РФ и являющихся единственным возобновляемым источником сырьевых ресурсов – необходимое условие экологической безопасности и устойчивого социально-экономического развития территорий. Среди множества природных и антропогенных факторов, влияющих на состояние, динамику и экологическое равновесие лесного покрова, существенную роль играют лесные пожары. Пожары выступают главным дестабилизирующим фактором в лесных экосистемах, они трансформируют как среду существования леса, так и состав, и структуру растительного покрова. Огневое воздействие в принципе изменяет ситуацию: в той или иной степени гибнет древостой, уничтожается живой почвенный покров, выгорает лесная подстилка, гибнет лесная фауна. При сгорании органики в атмосферу поступает огромное количество сажистых частиц, парниковых и химически активных газов (окись углерода, оксиды азота, диоксид серы), органических соединений (аммиак, формальдегид, фенолы, диоксины) и других вредных для окружающей среды веществ. Уровень загрязнения воздуха в поселках и

крупных городах при этом существенно возрастает, экологическая обстановка значительно ухудшается, что вызывает негативные последствия не только в природных ландшафтах, но и в социальной сфере, и в здравоохранении. Например, летом 2010 г. в период масштабных пожаров в стране зафиксирован рост смертности на 17,5%. В лесохозяйственной практике пожары делятся на виды, в зависимости от того, в каких элементах лесных насаждений происходит их распространение: 1) Низовые пожары, на долю которых приходится 97-98% общего числа лесных пожаров и 87-90% пройденной огнем лесной площади; 2) Верховые пожары, 1,5-2% общего числа всех пожаров, 10-12% лесной площади, пройденной пожарами; 3) Подземные пожары, которые представляют собой достаточно редкий вид пожаров. Из перечисленных лесных пожаров низовые и верховые обладают еще и свойством устойчивости или беглости. Скорость естественного восстановления лесов напрямую зависит от природно-географической зоны, а также от типа пожара. Подземные (торфяные) пожары чаще всего бывают в местах добычи торфа, возникают обычно из-за неправильного обращения с огнем, от разрядов молнии или самовозгорания. Торф склонен к самовозгоранию, оно может происходить при температуре выше 50 градусов (в летнюю жару поверхность почвы в средней полосе может нагреваться до 52 – 54 градусов). Кроме того, достаточно часто почвенные торфяные пожары являются развитием низового лесного пожара. В слой торфа в этих случаях огонь заглубляется у стволов деревьев. Горение происходит медленно, беспламенно. Подгорают корни деревьев, которые падают, образуя завалы. Торф горит медленно на всю глубину его залегания, он может гореть во всех направлениях независимо от направления и силы ветра, а под почвенным горизонтом он горит и во время умеренного дождя и снегопада. Таким образом, опасность подземного пожара состоит в глубине распространения до минеральной (земляной) почвы, что существенно затрудняет процесс тушения. Ель менее устойчива к данному виду пожара по сравнению с сосной. Повреждение корневых систем ели огнем приводит к

быстрой ее гибели, так как корневая система характеризуется поверхностным расположением. В связи с этим деревья ели в составе смешанных с сосной насаждений погибают даже там, где сосна уцелела. Подробно негативное воздействие подземных пожаров на лесные экосистемы рассмотрено в источнике [224]. После низового пожара, когда выгорает подстилка, трава, обгорают корни деревьев, лес восстанавливается полностью примерно через десять лет. На основании литературного обзора источников [20, 23, 30, 34, 40, 124, 158, 177, 194, 224, 243 и др.] выявлено, что восстановление живого напочвенного покрова происходит в течение первых 9–10 лет после низового пожара представителями политриховых мхов, злаков и иван-чая, которые являются характерными видами для послепожарных восстановительных сукцессий во всех типах условий местопроизрастания. Виды напочвенного покрова, характерные для лесных ценозов, представляются в основном черникой и кислицей в небольшом количестве после пожаров в ельнике и сосняке травяном. Для черничного типа леса после пожара активнее развиваются злаки и брусника. Из подлеска по гарям разрастаются в основном рябина обыкновенная, ольха серая, ива прутовидная и козья, которые обеспечивают лучшее затенение площади (рисунок 1.2).

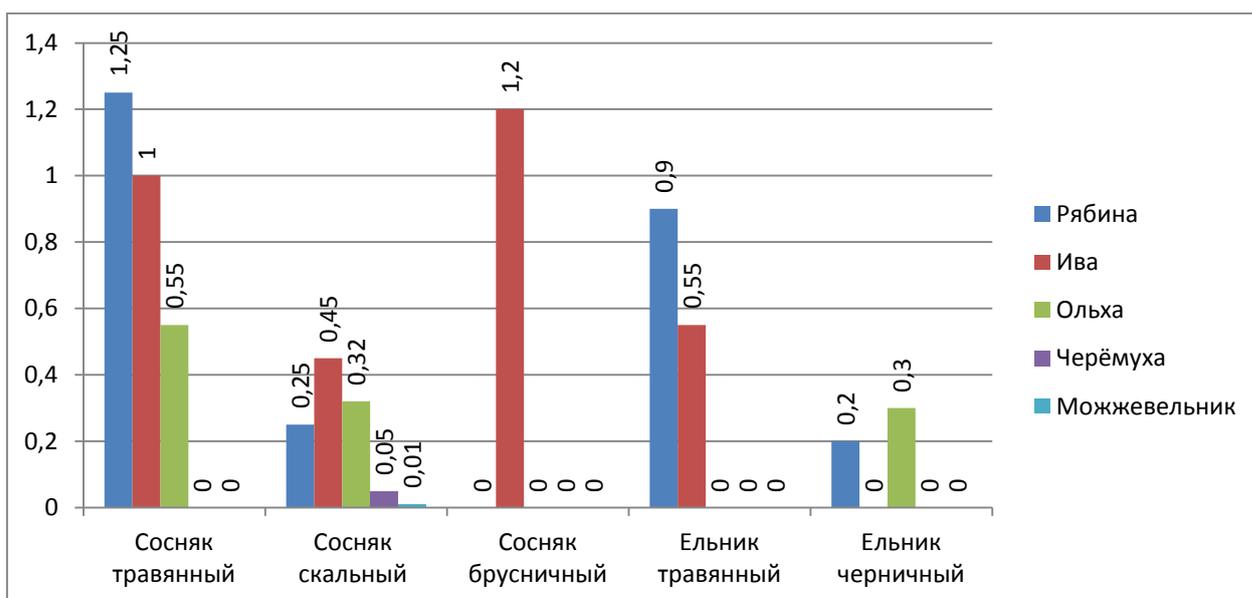


Рисунок 1.2- Количество подлеска на площадях разных типов условий через 9 лет после пожара

В скальном, брусничном и травяном типам лесов беглый низовой пожар после уничтожения мертвого и живого напочвенного покрова может способствовать появлению подроста хвойных пород в достаточном количестве для восстановления площади хозяйственно ценными видами деревьев. По гарям ельников черничных подрост хвойных пород может практически не присутствовать, и здесь для возобновления леса следует проводить лесохозяйственные работы (рисунок 1.3).

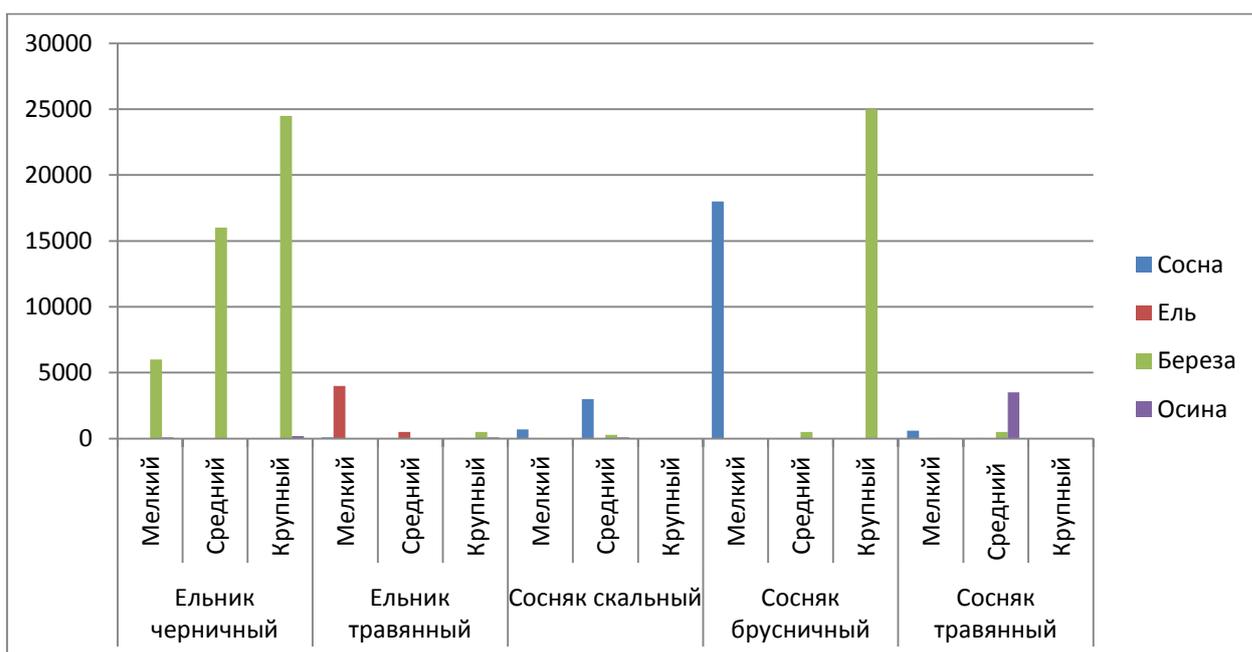


Рисунок 1.3 - Количество подроста после пожара в лесах разных типов условий местопроизрастания

В источнике [23] отмечено, что естественное возобновление на гарях может произойти на следующий год после пожара самосевом сосны обыкновенной, так как при низовом пожаре семена остаются нетронутыми огнем, а плодоношение и накопление самосева сосны происходит ежегодно. При пожарах слабой и средней силы подстилка выгорает не полностью и то, что остается от нее вместе с золой, представляет собой отличное ложе для семян. На какое-то время в почве после пожара увеличивается содержание питательных элементов: азота, калия, кальция, которых много в золе.

Ученые [30, 40] обращают внимание на то, что сейчас в России наблюдается гораздо больше верховых пожаров, нежели низовых, а общая площадь лесных пожаров сравнима с той, что наблюдалась во время сильнейшей засухи 1972 года. При верховом лесном пожаре наиболее уязвимыми являются лиственные породы, такие, как дуб, липа, ясень. Хвойные деревья более стойкие и порой справляются с огнем. Однако если пожар произошел в еловом лесу, то ель выгорит полностью и не восстановится. Как правило, выгорают полностью молодые деревья, у которых кора еще не такая толстая. Это приводит к старению леса и полному вымиранию.

После верхового пожара лес превращается в пустынное пепелище. Лишь через два-три года после верховых лесных пожаров появляется иван-чай и малина, которые растут на пепелищах, а через лет пять начинает появляться первый подлесок.

Первыми деревьями, которые начинают приживаться на территории после лесного пожара, являются береза или осина. А чтобы лес стал снова полноценным после верхового пожара нужно минимум 50-70 лет. Для восстановления биогеоценоза с участием хвойного леса требуется около 150 лет, так как ель или пихта долго находятся в стадии медленного роста, только через 50-70 лет начинают достигать высоты мелколиственных деревьев, постепенно затеняя их. Лес начинает сменяться на первичный. Процесс этот весьма долгий, но через 150 лет, как правило, возникает снова коренной (первичный) лес с необходимой высотой и толщиной стволов у деревьев («спелый» лес).

Согласно источнику [20] при грамотном проведении лесохозяйственных работ лесовосстановление после верхового пожара возможно через 30-50 лет, что в среднем в 2,5 раза быстрее, чем при естественном лесовосстановлении (данное обстоятельство определяет повышение эффективности процессов лесовосстановления посредством наличия ТСЛФ).

Ученые отмечают [249 и др.], что происхождение древостоев оказывает существенное влияние на их рост. В целом сосновые древостой искусственного происхождения по сравнению с естественными имеют более высокие темпы роста. Причем лучший рост сосняков искусственного происхождения наблюдается на протяжении всего исследуемого периода. Тип леса и происхождение древостоев влияют на товарную структуру запаса. Искусственные древостой по сравнению с естественными имеют более высокий выход деловой древесины и более предпочтительное распределение ее по категориям крупности. Вследствие этого таксовая стоимость древесины на корню в искусственных древостоях существенно выше, чем в естественных.

Очевидно, что для проведения полного комплекса лесохозяйственных работ, необходимо обеспечение транспортной доступности лесных участков, подвергшихся воздействию пожаров.

В основном из-за обозначенной недоступности подверженных пожарам лесных территорий потери лесного фонда Российской Федерации с 2008 года по 2019 год составляют более 50 млн. га. Площадь погибших лесных насаждений с 2013 г. по 2017 г. выросла в 3,2 раза: с 541,8 тыс. га до 1756,1 тыс. га. Так же отмечается сокращение интервалов между пожарами.

Согласно источнику [177] ранее естественный интервал между пожарами в светлохвойных лесах Сибири составлял примерно от 20 до 50 лет, а на некоторых территориях лес мог гореть раз в 150 лет. Сегодня из-за изменения климата и деятельности людей пожарный интервал во многих лесных районах сократился до 5-15 лет. В итоге на сегодняшний день гибель лесных насаждений опережает лесовосстановление.

Так же следует отметить, что в России в год вырубается около 1,2 миллиона гектаров леса [22], что в среднем в 2 раза меньше, чем гибнет в лесном пожаре, согласно данным таблицы 1.1.

Таблица 1.1 - Информация региональных диспетчерских служб лесного хозяйства на 00:00 Мск 29.07.2019 г.

Субъект РФ	Пожары, по которым проводились работы по активному тушению		Пожары, по которым прекращены работы по тушению	
	Количество пожаров	Выгоревшая площадь земель лесного фонда, га	Количество пожаров	Выгоревшая площадь земель лесного фонда, га
<i>Иркутская область</i>	50	62 988	84	554 098
<i>Красноярский край</i>	15	22 678	78	961 797
<i>Республика Саха (Якутия)</i>	25	939	133	1 168 010
<i>Республика Бурятия</i>	4	115	6	31 112
<i>Магаданская область</i>	3	55		
<i>Ханты-Мансийский АО (ЮГРА)</i>	2	48		
<i>Камчатский край</i>	2	23		
<i>Ямало-Ненецкий автономный округ</i>	1	9		
<i>Забайкальский край</i>	-	-	18	9 830
<i>Хабаровский край</i>	-	-	9	6 694
<i>пожары на землях особо охраняемых природных территорий</i>				
<i>Алтайский край</i>	1	4		
<i>Красноярский край – ГПЗ «Тунгусский»</i>	1	1570		
<i>Хабаровский край – ГПЗ «Джугджурский»</i>	1	764		
<i>Республика Бурятия – НП Забайкальский</i>	1	262		
<i>Иркутская область – ФГБУ «Заповедное Прибайкалье»</i>	1	3		
<i>пожары на землях обороны и безопасности</i>				
<i>Ленинградская область</i>	1	8		
<b>Итого:</b>	<b>110</b>	<b>89 506</b>	<b>328</b>	<b>2 731 541</b>

Пожары, по которым были прекращены работы по тушению, находились на труднодоступных и удаленных землях лесного фонда на территории Российской Федерации. Данные лесопожарные формирования, согласно источнику [158], находились под постоянным наблюдением и контролировались космическим мониторингом. Прекращение работ по тушению лесных пожаров основано на решении региональных Комиссий<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Решения о прекращении или приостановке работ по тушению лесных пожаров принимаются Комиссиями по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации на основании ст. 81 - 84 Лесного кодекса Российской Федерации, Приказа Минприроды России № 426 от 8 октября 2015 года «О внесении изменений в

по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению. По данным пожарам, согласно источнику [158], отсутствует угроза населенным пунктам и объектам экономики и прогнозируемые затраты на их тушение превышают прогнозируемый вред, который может быть ими причинен. Высокие суммарные затраты на тушение лесных пожаров обусловлены прежде всего, как говорилось ранее, отсутствием развитой транспортной сети на территории лесного фонда, наличие которой способствовало бы не только тушению пожаров и проведению необходимого комплекса лесовосстановительных работ в послепожарный период с наименьшими затратами, но и обеспечивало бы проведение противопожарных мероприятий. Таким образом, ущерб лесам от пожаров в значительной степени можно отнести к потерям в лесном хозяйстве от бездорожья. С экономических позиций ущерб лесам от пожаров есть сумма, состоящая из затрат на охрану лесов и тушение пожаров и величины уменьшения стоимости участка леса (лесопокрытой территории) после пожара, определяемая значениями натуральных показателей и их экономических эквивалентов, изменяющимися в соответствии с пространственно временной динамикой послепожарного лесовосстановления. Динамика размера ущерба от лесных пожаров в Российской Федерации приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Динамика размера ущерба от лесных пожаров в Российской Федерации

Годы	Размер ущерба от лесных пожаров в год млрд. руб.
2019	≈ 20,0
2018	16,9
2017	25,2
2016	23,7
2015	56,4
2014	23,8

---

правила тушения лесных пожаров», утвержденные приказом Минприроды России от 8 июля 2014 г. № 313.

Согласно данным таблицы 1.2, в размере ущерба от лесных пожаров от 3 до 7 млрд. занимает ущерб лесному хозяйству (потери древесины), обесценивая при этом свыше 200 млн. кубометров древесины. Лесные пожары повреждают или уничтожают ценную древесину и пагубно влияют на возобновление ее ресурсов, что в среднем составляет 17,86 % от общего ущерба. Остальные потери – расходы на тушение и последующую расчистку горелых площадей, ущерб от гибели лесных животных и птиц, загрязнения продуктами горения, затраты на восстановление леса и т. д. и составляют 82,14 % от величины общего ущерба.

Следует отметить, что согласно источнику [195], расходы на устройство, строительство и уход за противопожарными объектами (полосы, канавы, дороги) составляют в среднем 15% общих расходов. Отсюда, очевидно, что при наличии ТСЛФ размер ущерба от лесных пожаров значительно сокращается. Вопросам оценки ущербов окружающей среде от негативных воздействий посвящено много научных исследований [14, 114, 150, 167, 194, 224, 243 и др.]. Но следует отметить, что в данной научной литературе отсутствуют исследования по теме повышения отдачи от лесопользования посредством транспортной сети на территории лесного фонда, которая позволит провести весь комплекс лесохозяйственных мероприятий как после главного лесопользования, так и после лесных пожаров. А также о том, насколько при наличии развитой дорожной сети сократиться эколого-экономический ущерб, причиненный пожарами лесным экосистемам, и ускорится процесс лесовосстановления, как обозначенные выше факторы повлияют на эффективность лесопользования и на общую экономическую стоимость лесных земель.

Таким образом, возникает необходимость дальнейшего исследования по рассматриваемой проблеме.

По нашему мнению, взаимосвязь уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда и эффективности лесовосстановительных работ

определяется эффектом синергизма уровня развития транспортной сети, качественным и количественным критериями оценивания проводимых лесовосстановительных мероприятий, посредством которых достигается их эффективность (см. рисунок 1.4).

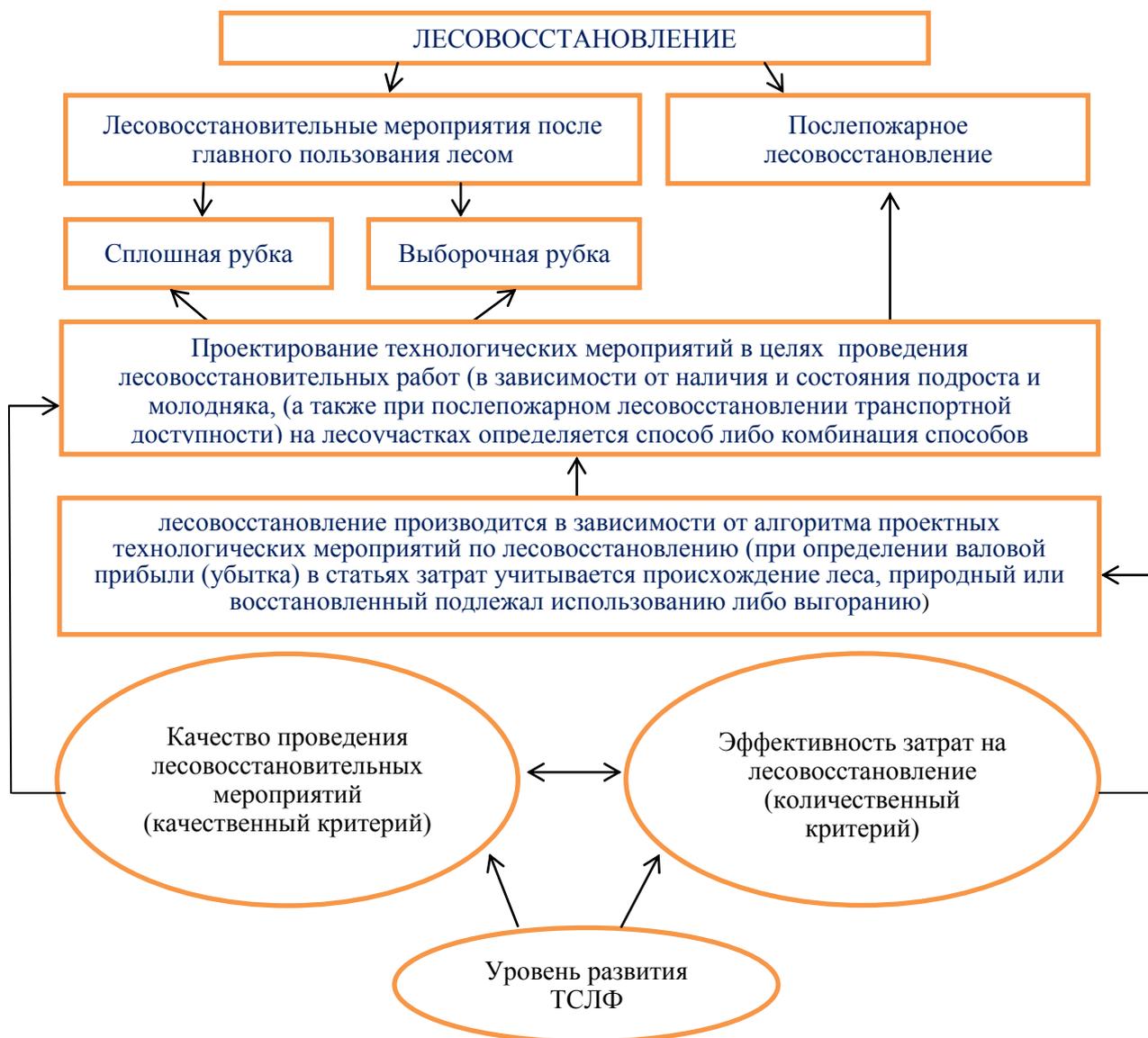


Рисунок 1.4 – Взаимосвязь уровня развития транспортной сети и эффективности лесовосстановительных мероприятий

Данная взаимосвязь определяет необходимость комплексного подхода к методологии оценивания эффективности лесовосстановительных мероприятий с учетом многоцелевого характера использования лесных ресурсов.

6. Экосистемный подход. В последнее десятилетие произошло осознание ведущей роли лесов планеты в предотвращении глобальных изменений природной среды и климата. Мировая практика лесного хозяйства постепенно переходит на экосистемные принципы управления лесами, ориентированные, в первую очередь, на поддержание средообразующих функций лесов.

Концепция экосистемного лесоводства предусматривает управление лесами как экосистемами с учетом взаимосвязей их компонентов, современного состояния и изменения лесного покрова. Она базируется на непрерывном и сбалансированном использовании и воспроизводстве лесов как древесного ресурса и экологических функций при сохранении устойчивости и биоразнообразия лесных экосистем, их стабилизирующей роли в экологических процессах [42]. Важной особенностью леса является то, что все его компоненты тесно взаимосвязаны между собой и окружающей средой. Рассмотрение леса как экосистемы является важным и интересным аспектом построения механизма управления процессами лесопользования. Экосистемный подход позволяет обосновать значение леса и его компонентов для жизнедеятельности планеты.

Лес является самой крупной экосистемой на Земле, которую характеризует высокая продуктивность и концентрация большей части органических веществ (например, древесина и сырье из нее, гумус), которые использует человек для собственного потребления и воспроизводства компонентов биосферы. Лес как экосистема несет в себе основную экологическую полезность и выполняет средообразующую функцию. Средообразующая функция леса выражается в сохранении природных климатических комплексов (вода, почва, воздух, шум, ветер, снег), поддержании состава воздуха атмосферы (углеродный баланс), водоохранным значением (водообразование, регулирование грунтовых вод, водоочистка), почвообразующее и почвозащитное значение

(предотвращение эрозия, размыв), воздухоочистительная функция, ресурсорезервационная (зависит от группы лесов) [42].

В контексте данного подхода в научной литературе [224 и др.] также рассматриваются лесные пожары как дестабилизирующий фактор трансформации многих компонентов лесных экосистем. Как было отмечено выше, после катастрофических пожаров восстановление леса естественным путем происходит далеко не во всех лесорастительных условиях. Зачастую процесс поселения лесообразующей породы на пройденных огнем площадях растягивается на десятилетия. Обозначенная проблема вытекает в основном ввиду транспортной недоступности подвергшихся пожару лесных земель.

Таким образом, транспортные системы на территории лесного фонда имеют решающее значение, поскольку без них невозможно использование, охрана, защита и воспроизводство лесов. Учитывая вышеизложенное, совершенно естественно возникает экономическая дилемма. С одной стороны задача формирования новой ТСЛФ в целом и её дорожной сети в частности требует значительных финансово-материальных ресурсов, с другой стороны высокие суммарные затраты на тушение лесных пожаров, обусловлены прежде всего отсутствием развитой транспортной сети на территории лесного фонда. Критерием принятия решения по обозначенной проблеме в пользу проекта ТСЛФ является величина снижения эколого-экономического ущерба лесным экосистемам посредством планирования создания и развития лесотранспортных систем. Поскольку наличие ТСЛФ способствует повышению эффективности лесопользования и лесовосстановления в послепожарный период, своевременному тушению и проведению противопожарных мероприятий и в целом сокращению величины эколого-экономического ущерба, причиненного пожаром лесным экосистемам в долгосрочной перспективе, то можно предположить, что перечисленные положительные факторы влияния наличия ТСЛФ обуславливают окупаемость ее проекта посредством снижения величины обозначенного ущерба. Следует отметить, что хотя в научной литературе

описано множество методов определения оценки эколого-экономического ущерба лесным экосистемам, учет влияния от планирования, создания и развития лесной дорожной сети в них отсутствует. По-нашему мнению, экосистемный подход является одной из вариаций системного подхода. Как было отмечено выше, в обозначенной научной литературе в формате системы рассматривается либо лес, либо транспортные системы на территории лесного фонда без четкого анализа взаимодействия между данными системами. По нашему мнению, формирование синергетических отношений между ТСЛФ и лесной экосистемой можно оценить на основе комплексного технико-эколого-социо-экономического критерия эффективности при её планировании. Показателем наилучшего проектного решения в этом случае является достижение максимума продуктивности ТСЛФ и лесной экосистемы от их совместного существования за весь период планирования.

7. Прогностический подход становится все более популярным в период быстрых изменений социально-экономических условий территорий. На первый план выходит способность органов управления (корпоративных, региональных и государственных) эффективно планировать развитие и использовать соответствующие ситуации инструменты управления.

Разработка прогнозов развития территориальных систем предполагает выявление факторов, оказывающих непосредственное влияние на объект прогнозирования. Затем на базе определения влияния обозначенных факторов на управление лесами осуществляется выработка вариантов развития явлений и процессов. На основе разработки прогноза возможны составление плана и программы развития, а также выработка управленческих решений. С одной стороны, прогнозирование обеспечивает оценку возможных состояний развития территорий лесного фонда в будущем, а с другой стороны, позволяет определить пути достижения желаемого состояния лесных земель. Анализ работ [244 и др.], опубликованных по теме исследования показывает, что большинство имеющихся научных

источников посвящено проработке отдельно взятых проблем прогнозирования случайных процессов и их величин, например, риск-анализу размера экономического ущерба лесному хозяйству посредством пожаров, в связи, с чем остается целый ряд нерешенных вопросов, связанных с разработкой концепции, методов и способов управления случайными процессами в лесной отрасли.

Подводя итоги п. 1.4 настоящего исследования, можно заключить, что, несмотря на актуальность проблемы обеспечения эффективного эколого-социо-экономического развития территорий лесного фонда и имеющиеся научные достижения в этой области, как в России, так и за рубежом, в отечественной науке пока накоплен незначительный объем исследований, рассматривающих лесотранспортные сети как один из основных факторов, который в современных условиях хозяйствования способствует достижению устойчивого развития лесных территорий.

В целях определения влияния планирования транспортной сети на устойчивое управление лесами и развитие территорий лесного фонда, большое значение имеет решение задач:

- по совершенствованию методов определения размера пользования лесом, оценки и прогнозирования его последствий;
- по обеспечению своевременного и качественного воспроизводства вырубленных, поврежденных и погибших лесов.

Особую актуальность эти вопросы приобретают в современных условиях реформирования и недостаточного финансирования лесного хозяйства.

### 1.5 Лесотранспортная сеть как механизм устойчивого развития территорий лесного фонда

Лесное хозяйство и лесопользование имеют ряд существенных особенностей, которые обуславливают требование планирования

сбалансированного размещения всех видов хозяйственной деятельности. Исключительными особенностями лесного комплекса России являются: несопоставимое с другими отраслями пространственно-временное рассредоточение лесного фонда на огромных территориях; исключительно продолжительный срок воспроизводства лесов; широкий диапазон и разнообразие природно-географических, лесоводственных, технико-экономических и других условий, а также экологической и социальной значимости лесных экосистем; накопившиеся проблемы нарушения сбалансированности размещения потребляющего древесину производственного потенциала и лесосырьевых ресурсов; истощение прилегающих к крупным транспортным магистралям (водным и сухопутным) бывших лесосырьевых баз; неразвитость транспортной инфраструктуры социально-экономического пространства многолесных регионов и др.

Развитие инфраструктуры территории – один из главных факторов устойчивого развития любых отраслей хозяйственной деятельности. Учитывая исключительные по площади территории лесного фонда Сибири, а также специфику рассредоточения древесных ресурсов, развитие и оптимизация транспортной сети на территории лесного фонда для ведения лесного хозяйства и лесной промышленности приобретают решающее значение. Уровень развития и качество транспортной сети определяются густотой транспортной сети, типом и категорией дорог, условиями сочетания с другими видами сухопутного и водного транспорта, степенью развития перегрузочных узлов и др. факторами.

Комплексное и рациональное использование лесных ресурсов возможно только при наличии достаточно развитой сети лесных дорог круглогодичного действия. На территории всего лесного фонда должна проектироваться и постоянно развиваться сеть не только лесовозных, но и лесохозяйственных дорог для обеспечения возможности проведения в необходимых объемах в течение всего года качественных лесохозяйственных мероприятий по лесовозобновлению, охране леса от пожаров, защите от

вредителей, перевозке древесины и других работ [42, 168, 183, 234, 248 и др.].

Для обеспечения современных требований лесного комплекса необходимо, чтобы постоянно действующая лесная дорога подходила к границам каждого квартала. При квартальной сети размером 2×4 км такое требование удовлетворяется при густоте дорожной сети 8 – 10 км на 1000 га. Для сравнения отметим, что в лесах центральных и западных районов европейской части России густота дорожной сети составляет 2-5 км на 1000 га. В лесах северных и восточных районов страны она незначительна и составляет менее 1 км на 1000 га. На территории Нижнего Приангарья этот показатель составляет около 0,8 км, даже с учетом интенсивно используемых водных транспортных путей, это в 10 - 15 раз ниже нормативного. Более того, около 60 % лесных дорог с твердым покрытием построено в «центре» лесозаготовок региона – Богучанском районе, в котором и вывозится почти 70 % древесины.

Таким образом, рациональное планирование и оптимизация развития транспортной сети, территориальное и по времени размещение лесохозяйственных и лесопромышленных производств – одни из нерешенных, наиболее сложных и актуальных вопросов организации устойчивого управления лесным комплексом.

В результате анализа, имеющихся по данному вопросу литературных источников [1, 9, 17, 83-85, 210, 219 и др.], нам не удалось обнаружить достаточно обоснованного с научной точки зрения подхода к решению этой задачи. В большинстве случаев решение данной задачи основывается на слишком субъективных, недостаточно формализованных и упрощенных методах, имеющих значительные ограничения применения. Не учитывается взаимное влияние ряда значимых факторов и динамика лесного фонда, что очень важно как для формирования и развития схемы транспортной сети на долгосрочную перспективу, так и для рационального размещения и очередности освоения участков лесного фонда. Вследствие этого данные

методы и методики не могут обеспечить достижение требуемого на современном этапе оптимального результата. Специализация лесопромышленного и лесохозяйственного производства определяет и специализацию лесотранспорта. Развитие теории лесотранспорта основывается на объективных его отличиях от транспорта общего пользования. В понятия лесовозного автомобильного транспорта входят лесовозные дороги и подвижной состав. Отличительными особенностями является его собирательный характер, обусловленный необходимостью сбора древесины, распределённой на значительных площадях. Вследствие этого лесной транспорт имеет следующую специфику: широкий диапазон типа, категории, срока действия и периодичности использования дорог; большую протяженность дорог с незначительными и односторонними (от лесосеки до нижнего склада) объемами транспортных работ; длинномерные грузы; однородный подвижной состав. Все перечисленные особенности в той или иной мере влияют как на конструктивные решения, принимаемые при проектировании лесных дорог, так и на условия работы последних в процессе эксплуатации. Характер и специфика работы лесовозного транспорта предопределяет необходимость постройки в пределах объекта лесопользования достаточной сети путей, имеющих различные типы и сроки действия. Сеть лесовозных дорог, как правило, состоит из магистрали - основного пути, действующего в течение всего срока освоения данного лесного массива, веток - дорог, действующих на протяжении 5–6 лет, и усов - путей кратковременного действия (1-2 года), служащих для вывозки леса из лесосек. Магистральный путь должен быть наиболее капитальным по своему устройству. Ветки служат для перевозки лишь части грузопотока. Они работают не так долго, как магистраль, а часть веток работает сезонно. Поэтому конструкция пути на ветках более облегчённая. Наиболее упрощёнными по своей конструкции и дешёвыми по стоимости являются усы. Перевозка длинномерных грузов требует применения специального длинномерного состава. Для освоения крупных лесных массивов, площадью

5-7 тыс. км<sup>2</sup> и более (например, в Сибири) строят грузосборочные дороги протяженностью до 100 км и более, предназначенные для вывозки леса даже несколькими лесозаготовительными предприятиями. К грузосборочным дорогам примыкают лесовозные магистрали со своей сетью веток и усов.

Крупные лесозаготовительные предприятия должны работать в арендных участках с такими характеристиками древесных ресурсов и площадью, на базе которых реально можно организовать непрерывное и неистощительное лесопользование. Как уже отмечалось ранее, одним из основных условий организации такого лесопользования, является наличие и своевременное развитие сети лесных дорог. Здесь и далее под лесными дорогами будем понимать, прежде всего, лесовозные дороги и дороги лесохозяйственного назначения, т.е. лесовозно-лесохозяйственные дороги.

При планировании и проектировании лесопользования и лесохозяйственных мероприятий неизбежно должна решаться задача последовательности (очередности) строительства и ремонта лесных дорог. От правильности её решения зависит ритмичность работы всего лесного комплекса, сбалансированность динамики капиталовложений и в конечном итоге эффективность как лесозаготовительного, так и лесохозяйственного производства в целом. Основное требование решения этой задачи – обеспечить своевременное выполнение заданного плана транспортных работ всего лесного комплекса при минимуме суммарных затрат на строительство дорог, их содержание, вывозку по ним древесины и перевозку других грузов.

В области планирования сети лесных дорог известны работы [1, 9, 17, 83, 85, 121, 210, 222, 245, 186 и др.]. Серьезное внимание вопросам экономико-математической оптимизации проектирования и создания лесовозных дорог было уделено в работах: J. Sessions, A. Weintraub, R. Church, A. Murray, M. Guignard [273, 277 и др.]. Анализ обозначенной научной литературы позволяет констатировать чрезвычайную актуальность проблемы развития сети лесных дорог, технико-социо-эколого-экономической эффективности ее функционирования, а также ее влияние на

эффективность фондоотдачи (продуктивности) лесных земель в условиях устойчивого управления лесами.

Не предрешая результатов исследований, основываясь на приведенных выше положениях, отметим лишь следующее. Транспортную сеть на территории лесного фонда необходимо рассматривать в совокупности с лесной экосистемой, как механизм повышения эффективности устойчивого управления лесами и лесопользованием.

Планирование размещения и очередности строительства ТСЛФ, следует рассматривать:

- в зависимости от проведения лесозаготовительных работ и выполнения комплекса лесохозяйственных мероприятий на отдельных участках лесного фонда;

- на основе учета состояния лесных ресурсов всего арендуемого на долгосрочный период объекта, динамики его лесного фонда, величины расчетной лесосеки и других технико-экономических характеристик потребления производственных ресурсов в зависимости от условий лесоэксплуатации и ведения лесного хозяйства.

#### 1.6 Комплексный подход к оцениванию ресурсного потенциала территорий лесного фонда с учетом фактора их транспортной доступности

С целью расчета и планирования ведения лесного хозяйства и лесопользования, отвечающих требованиям устойчивого управления лесами, прежде всего, необходимо провести оценку их экологического и экономического потенциала, а также социального значения, данные составляющие указанной оценки представляют собой, как отмечалось ранее, комплексную продуктивность лесных земель.

В целях проведения оценки продуктивности лесных земель необходимо учитывать комплексную доступность лесных ресурсов [168 и др.].

Под комплексной оценкой доступности природных ресурсов в самом общем смысле должна пониматься система централизованно установленных нормативов технико-эколого-социо-экономической эффективности использования этих ресурсов. Но на практике при комплексном оценивании доступности лесных ресурсов чаще всего используются только эколого-экономические показатели. В качестве объектов эколого-экономической оценки рассматриваются единичные природные ресурсы и объекты природопользования. В целях настоящего исследования остановимся на составляющих комплексной оценки доступности лесных благ, а через нее оценки комплексной продуктивности лесных земель наиболее подробно.

*Экологическая оценка доступности лесных ресурсов* – это показатель, базирующийся на экологической значимости и ценности лесов с точки зрения их средообразующих, защитных и других природоохранных и социальных функций. Экологическая значимость леса складывается из: углерододепонирующей, кислородопродуцирующей, противоэрозионной, водоохранной и других полезных функций леса; эффективности лесовосстановления и ценности особо защитных и охраняемых территорий. Из экологических функций, выполняемых лесом, большое значение в настоящее время уделяется углерододепонирующим – связыванию CO<sub>2</sub> атмосферы в процессе фотосинтеза и аккумуляции его в приросте и фитомассе древостоев, подроста, подлеска и живого напочвенного покрова. Углерод, аккумулированный насаждением, из «невесомых» полезностей стал «весомым» и обладает товарной стоимостью [43, 228 и др.].

Эрозия почв – одно из самых негативных последствий концентрированных вырубок. Противоэрозионные свойства леса связаны с лесной подстилкой, наличием мохового покрова. Нарушение целостности лесной подстилки ведет к развитию линейной и плоской эрозии.

Лесовозобновительные процессы после рубок, пожаров и других видов негативных воздействий на лес тесно связаны с понятием об экологической доступности. Лесовозобновление – это важнейший процесс,

обеспечивающий будущее лесной экосистемы и возможность долгосрочного пользования лесом. Проблема воспроизводства лесных ресурсов является ключевой, на основе которой решаются другие проблемы лесного комплекса. Лесовосстановление на вырубках, гарях и других, не покрытых лесом участках в настоящее время обеспечивается не в полной мере. Оценка лесовосстановительных процессов на гарях и вырубках неоднозначна. Хотя существуют общие тенденции развития технологий лесовосстановления не покрытых лесом земель по группам типов леса и другим факторам, но каждое изменение исходных и сопутствующих факторов может повлечь за собой негативные изменения в сценарии лесовосстановительного процесса, ведущие к различным вариантам сукцессионного процесса [228].

В течение своей жизни лес может подвергаться разнообразным неблагоприятным воздействиям со стороны атмосферных факторов, человека, животных и растений. Эти воздействия вызывают повреждения деревьев, что ведет к ослаблению их роста и заболеванию. Повреждения и болезни леса снижают ценность лесного фонда как сырьевой базы и экономическую эффективность использования древесины. Массовые же повреждения и заболевания деревьев нередко ведут к гибели древостоев на значительной площади. Степень негативного воздействия на леса в различных природных зонах неодинакова и зависит от многих факторов: степени транспортной доступности, концентрации населения, размеров ликвидных запасов древесины. Трансформация лесных экосистем под влиянием рубок главного пользования, пожаров и вредителей приводит к значительным потерям продуктивности и изменению роли лесов в поддержании природных процессов [89].

В результате негативных воздействий лесная экосистема выходит из состояния равновесия, нарушаются основные процессы, происходящие в ней, в том числе устойчивость и способность к естественному качественному восстановлению. Вследствие этого появляются проблемы, связанные с возобновлением лесных ресурсов. К основным проблемам воспроизводства

лесных ресурсов относятся: заселение вырубок и гарей хвойных древостоев лиственными породами и разрастание травянистой растительности, что препятствует появлению всходов хвойных пород или создает им конкуренцию; уничтожение и повреждение подроста, лесной почвы, напочвенного покрова в процессе лесозаготовок или пожаров, в результате которых создаются неблагоприятные условия для естественного лесовозобновления. Такая ситуация может привести к истощению лесосырьевых участков лесозаготовительных предприятий и перерыву в лесопользовании в будущем.

Таким образом, экологическая доступность лесных ресурсов выражается в обоснованном ограничении на пользование ресурсом, т.к. данный вид пользования может нарушить естественные природные процессы и подорвать возможность выполнения этим ресурсом экологических или социальных функций, снизит его экологическую ценность, продуктивность, отрицательно повлияет на биоразнообразие лесной экосистемы и т.д.

Согласно источнику [168], говоря об экологической доступности, следует выделить такое понятие, как степень доступности ресурса. Степень экологической доступности можно классифицировать по территориально-временным признакам: полная недоступность, временная недоступность, частичная недоступность, полная доступность. Полностью недоступными являются участки леса, на которых запрещены рубки главного пользования. Сюда можно отнести: защитные леса, крупные мало нарушенные лесные территории (не подвергавшиеся существенным воздействиям со стороны человека в течение последних 60 лет), мало нарушенные лесные территории, ключевые места обитания редких и охраняемых видов животных и растений, притундровые леса, леса на крутых склонах и с выходом каменистых россыпей, водоохранные зоны по берегам водотоков и водоемов, особо охраняемые природные территории и другие (согласно с действующей законодательно-нормативной базой).

Временно недоступными являются участки лесного фонда, недоступные для главного пользования в определенный период времени. Сюда относятся не восстановившиеся в течение допустимого срока вырубки, гари, участки леса, поврежденные лесными вредителями или другими вредными воздействиями естественного и антропогенного характера, а также участки, обладающие транспортной недоступностью. Участки, добровольно выделяемые лесопользователем из лесосечного фонда по условиям лесной сертификации и другие, на которых временно запрещена или ограничена заготовка древесины.

Частично недоступными являются участки лесного фонда с ограниченным их использованием, т.е. участки, на которых разрешены не сплошные рубки леса. Сюда можно отнести эксплуатационные леса, опушки леса по границам с безлесным пространством, в оврагах и балках и другие участки, имеющие ограниченное эксплуатационное значение.

Полностью доступные – участки, где разрешены все виды рубок без ограничений. При определении размера пользования лесом необходимо исключить из расчета пользования участки леса, полностью экологически недоступные, и учесть участки, временно и частично недоступные, а также участки, обладающие транспортной недоступностью, но на которых планируется к проекту лесная дорожная сеть.

*Экономическая оценка доступности лесных ресурсов* выступает в роли основного требования современного лесного планирования. Для арендатора участка лесного фонда экономическая оценка доступности данных ресурсов является важным фактором принятия управленческих решений.

Целью определения экономической доступности лесных ресурсов является оценка экономической эффективности их использования. Данное обстоятельство служит основой для разработки оптимальных вариантов промышленного освоения и рационального использования лесного фонда, а также планирования рационального использования трудовых, материальных

и финансовых ресурсов, что обеспечит функционирование предприятий лесного комплекса на принципах устойчивого развития.

Экономическая доступность лесных ресурсов в рыночных условиях должна стать основой рационального регулирования лесопользования, в частности, таких его основных параметров, как размер и размещение объектов лесозаготовки в пространстве и времени, развитие необходимой для этого инфраструктуры, стоимость лесных земель, лесные подати, инвестиции и др. Оценка экономической доступности лесных ресурсов необходима для краткосрочного планирования лесопользования и для разработки средне- и долгосрочных программ освоения этих ресурсов. Она необходима для органов государственных власти субъектов РФ и местного самоуправления, управления лесным хозяйством и для лесопользователей. Потенциальному лесопользователю или инвестору информация об экономической доступности лесных ресурсов позволит, как минимум, прогнозировать и обоснованно оценивать эффективность различных вариантов текущего и перспективного использования лесных ресурсов, например, нормальную прибыль, или лесную ренту. Очевидно, что критерием экономической эффективности для всех рассматриваемых вариантов должно являться требование максимизации прибыли. То есть, оценка экономической доступности лесных ресурсов позволит правильно определять основные факторы рыночной экономики: предложения и спроса, использования экономических материальных ресурсов (земли, сырья, капитала), инвестиционной политики и др. для планирования и организации устойчивого управления лесопользованием и, следовательно, устойчивого управления лесами в целом.

Вопросами изучения экономической доступности лесных ресурсов занимались и продолжают заниматься многие отечественные и зарубежные исследователи [12, 24, 79, 182, 184, 226, 255 и др.]. Большинство отечественных ученых под экономической доступностью участка лесного фонда понимают такое его качественное и количественное состояние, а

также территориальное расположение относительно существующих и проектируемых транспортных путей, которое при существующем состоянии экономических ресурсов обеспечит при его освоении требуемую рентабельность.

Исходя из этого, экономическая доступность любого ресурса определяется через эффективность его использования. Определение доступности древесных ресурсов достигается соизмерением таких экономических категорий, как цена на лесопroduкцию и себестоимость ее производства.

В практической деятельности предприятий для определения эффективности использования основных производственных фондов, оборотных средств и текущих затрат применяются различные виды рентабельности [168].

Также следует отметить научные труды по проблеме экономической оценки доступности лесных ресурсов: А.П. Петрова [182-184], Н.П. Чупрова [141], В.А. Соколова [225-228], А.П. Мохирева [152], И.В. Пфаненштиль [208], Г.Н. Филюшкиной [240], Г.А. Князевой [93] и др. При ближайшем ознакомлении с их трудами выяснилось, что вопрос о нарастающей недоступности лесов в условиях рыночной экономики не поднимался.

Учитывая вышеизложенное, транспортную не освоенность лесов России, можно определить, как один из основных показателей нарастающей экономической недоступности лесных ресурсов, а также как одну из главных проблем неэффективного развития территорий лесного фонда.

Таким образом, под комплексной доступностью лесных ресурсов, очевидно, следует понимать такое их количественное и качественное состояние, которое при всех существующих и планируемых видах лесопользования, а также других воздействиях на лесную экосистему обеспечит соблюдение всех требований, критериев и индикаторов устойчивого управления лесами и лесопользованием [168].

На рисунке 1.5 приведена блок-схема определения эколого-экономической доступности лесных ресурсов, предложенная В.А. Соколовым [226].

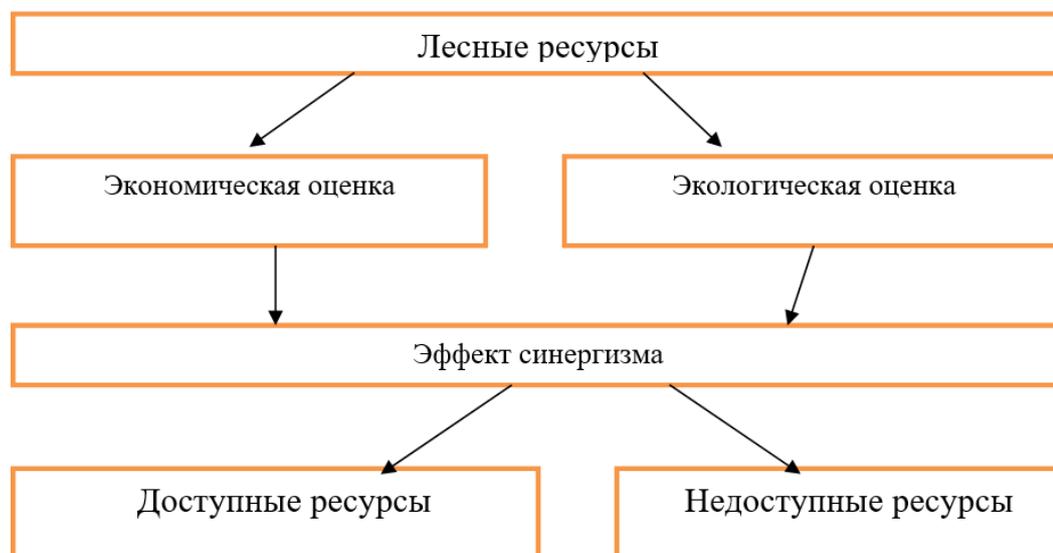


Рисунок 1.5 - Блок-схема определения эколого-экономической доступности лесных ресурсов

По – нашему мнению, производить оценку доступности лесных ресурсов в разрезе комплексной продуктивности земель лесного фонда невозможно без оценивания состояния сети лесных дорог. Так как, именно, транспортная доступность обеспечивает собой другие виды доступности общего технико-эколого-социо-экономического потенциала лесных территорий.

Следует отметить, что в некоторой современной научной литературе [168 и др.], касательно, определения отмеченной оценки, принято разделять экономическую оценку доступности лесных ресурсов на технологическую и транспортную. Что также, по-нашему мнению, не является правильным заключением, так как рычагом, достижения какой-либо доступности лесных благ, является транспортная сеть на территории лесного фонда.

Следовательно, транспортная доступность является ключевым аспектом возможности лесопользования. В этой связи блок-схема, представленная на рисунке 1.5, принимает следующий вид (рисунок 1.6).

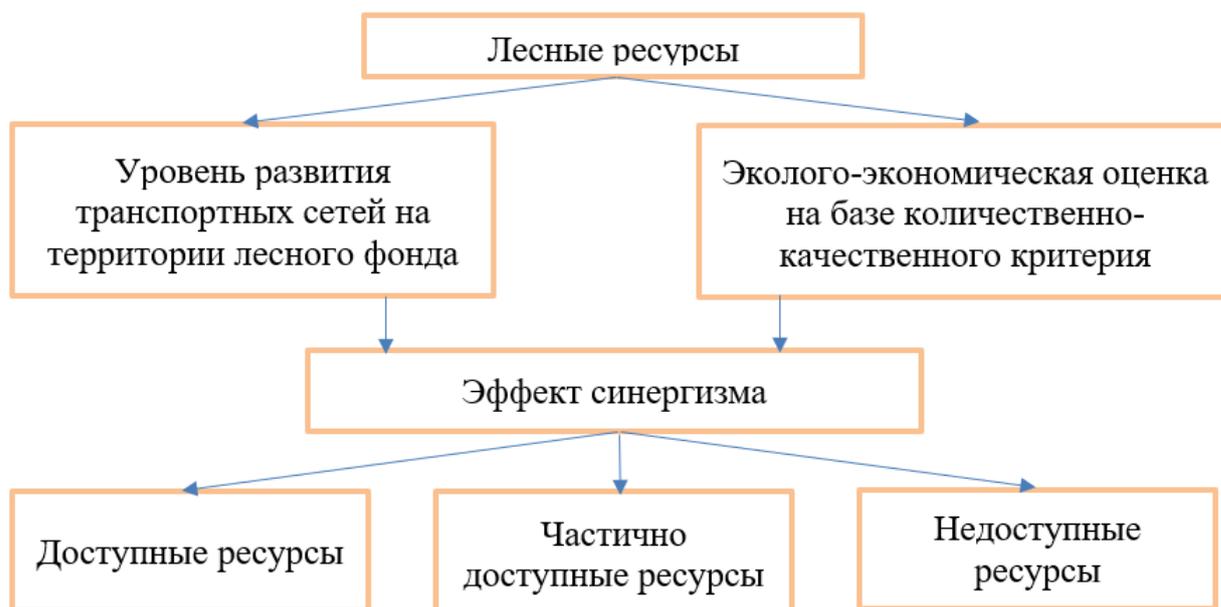


Рисунок 1.6 - Блок-схема определения комплексной доступности лесных ресурсов

Таким образом, с учетом данных графического материала, представленного рисунком 1.6, оценка комплексной доступности лесных благ с учетом уровня развития транспортных сетей на территории лесного фонда позволит выбирать наиболее эффективные направления в использовании лесных ресурсов, планировать с учетом перспективного спроса размещение, очередность и доходность лесопользования, вести целевое хозяйство, обоснованно определять условия и размер платежей за пользование лесным фондом и требуемые инвестиции, а в целом, планировать устойчивое управление лесным хозяйством и лесопользованием.

### 1.7 Выводы по первому разделу

По результатам первого раздела настоящего исследования можно сделать следующие выводы:

1. При определении сущности устойчивого управления лесами с учетом технико-эколого-социо-экономического эффекта от лесопользования ученые придерживаются разных точек зрения, при этом наиболее часто встречается рассмотрение экономического механизма и способов повышения его эффективности в контексте заготовки древесины и освоения резервных лесных территорий. Рассмотрение вопроса влияния фактора уровня развития транспортных сетей на территории лесного фонда как механизма повышения эффективности фондоотдачи (продуктивности) лесных земель в научной литературе практически отсутствует.

2. Несмотря на многообразие научных подходов, основы устойчивого управления лесами с учетом построения технико-эколого-социо-экономического механизма оценки продуктивности лесных территорий недостаточно проработаны, в частности с технической стороны, выраженной взаимосвязью транспортной сети и принципов устойчивого развития территорий лесного фонда.

3. Создание и развитие до оптимального уровня сети лесных дорог необходимо не только для повышения экономической доступности лесов (обеспечение сплошных и выборочных рубок, рубок ухода, своевременного и научно обоснованного лесовосстановления, экономической эффективности функционирования инженерно-транспортной инфраструктуры), но и для повышения технико-эколого-экономической эффективности лесопромышленных предприятий и лесного комплекса страны в целом: для повышения степени освоения расчетной лесосеки, для повышения уровня пожарной безопасности лесов, предотвращения и тушения лесных пожаров, реализации экологического потенциала лесных территорий. Большинство исследований по данной тематике характеризуется отсутствием комплексного подхода к планированию ТСЛФ.

4. По-нашему мнению, параметры транспортной сети на территории лесного фонда необходимо рассматривать в комплексе с параметрами лесной экосистемы в условиях многоцелевого лесопользования, учитывать при

определении общей экономической стоимости лесных земель эффективность лесовосстановительных работ. Подобный подход к обозначенной проблеме в научной литературе практически отсутствует, большинство исследований по заявленной проблематике носит локальный характер и направлено на решение отдельных вопросов устойчивого развития регионов.

5. Лесотранспортная сеть, как механизм повышения эффективности фондоотдачи (продуктивности) земель лесного фонда, обеспечивает социально ориентированное развитие отрасли и территорий региона, а также способствует повышению конкурентоспособности лесного сектора. Поэтому важной научной задачей является разработка целостной системы методов и инструментов планирования ТСЛФ в целях повышения эффективности фондоотдачи лесных земель. Исходя из анализа научных подходов к устойчивому управлению лесами, по-нашему мнению, обозначенная разработка должна базироваться на комплексном подходе и принципах системности, принципах устойчивого развития, закономерностях технологического уклада, а также характеристиках лесотранспортной инфраструктуры. Система методов и инструментов планирования ТСЛФ должна учитывать следующие свойства лесотранспортной сети: гибкость (адаптация к изменяющимся условиям), экономичность (реализация конкурентных преимуществ), «прогрессивность - инновационность» (соответствие уровню развития технологического уклада), экологичность (обеспечение реализации экологического потенциала лесных территорий и сохранение окружающей среды), социальную ориентированность (развитие рекреационного использования и устранению транспортной дискриминации лесных территорий).

6. По-нашему мнению, прогнозирование фондоотдачи (продуктивности) лесных земель с учетом фактора уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда является важным элементом планирования ТСЛФ. При данном прогнозировании также необходимо рассматривать влияние наличия ТСЛФ в динамической постановке на

инфраструктуру лесозаготовительного производства и лесное хозяйство. Большинство исследований по обозначенной тематике основано на применении в составлении прогноза эффективности лесопользования метода сценариев в контексте институционального подхода. Влияние лесных дорог при прогнозировании фондоотдачи лесных земель в обозначенных исследованиях не учитывалось.

7. Решение проблемы достаточного уровня развития лесотранспортной сети на территории лесного фонда страны позволит добиться России признания поглощения дополнительных тонн углекислого и парникового газов на переговорах по климату, поскольку, согласно действующим правилам, в этот зачёт включают только регулируемые леса, информация по которым должна быть открыта и доступна для верификации.

В целях настоящего исследования далее рассмотрены основные методологические подходы в аспекте повышения продуктивности лесных земель с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда.

## 2 Методологические основы повышения продуктивности лесных земель с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда

Методология повышения продуктивности лесных земель в рамках эффективного устойчивого управления лесами и лесопользованием должна базироваться на определении эколого-экономической доступности участков лесного фонда с учетом планирования лесотранспортных систем. В разрезе экономической доступности земель лесного фонда, наряду с экономическими показателями освоения лесных территорий, нами рассматриваются технологическая и транспортная доступность участков лесных земель. Обозначенная эколого-экономическая доступность, как было отмечено выше, является одним из важнейших показателей устойчивого управления лесами, имея прямое влияние на показатели исчисления экономической стоимости лесных земель, эколого-экономическая доступность должна учитываться при оценивании земель лесного фонда.

### 2.1 Методы оценивания эколого-экономической доступности участков лесного фонда и планирование лесотранспортной сети

В аналитическом виде принцип оценки экономической доступности участков лесного фонда может быть записан следующим образом [168]:

$$\mathcal{E}_\Pi = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq \mathcal{E}_{min}, \quad (2.1)$$

где  $\mathcal{E}_\Pi$  – производственная эффективность или экономическая прибыль, полученные при освоении лесных ресурсов от реализации продукции;

$f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – функция  $n$ -переменных внутренних и внешних факторов, влияющих на прибыль (производственную эффективность);

$\mathcal{E}_{min}$  – некоторая минимальная прибыль, обеспечивающая требуемый уровень рентабельности продукции  $R_n$ .

Аналогичное общее условие экономической доступности лесных ресурсов рассматривалось в работах [21, 82, 145, 185, 193 и др.]. В качестве конечного результата предлагалась зависимость:

$$\mathcal{C} = \mathcal{C} + \mathcal{P}, \quad (2.2)$$

где  $\mathcal{C}$  – цена реализации одного обезличенного кубометра древесины;

$\mathcal{C}$  – себестоимость одного обезличенного кубометра древесины;

$\mathcal{P}$  – прибыль от реализации.

Степень доступности ресурса (его категория) определялась по величине (в процентах) превышения стоимости товарной продукции над себестоимостью, например, высокая степень доступности – превышение 20%; средняя – 19-10%; низкая – не более 9%; недоступные ресурсы – затраты на заготовку превышают стоимость товарной продукции. По мнению самих авторов [193, 226, 246], предложенный порядок определения экономической доступности является приближенным, требует доработки, исходя из новых условий ведения хозяйства, прежде всего реализации лесной продукции. Результаты расчетов являются весьма приближенными, не учитывается динамика лесного фонда, размер главного пользования, реальные затраты на строительство дорог, а транспортные затраты определяются по среднему расстоянию вывозки [241] или по расстоянию (прямая линия на карте - «воздушка») от нижнего склада до центра квартала [226, 246]. Это не позволяет, даже в грубом приближении, правильно оценить наиболее значимую составляющую в общей себестоимости лесозаготовок. Если в предложенном методе [241] для крупных объектов (лесхозы) принятые упрощения очевидно допустимы, то для более мелких объектов (квартал, арендный участок, лесничество) рассмотренный в работах [226, 246] метод не может дать достаточно надежных результатов. Также показатель цены реализации одного обезличенного кубометра древесины не может быть использован при долгосрочном планировании, поскольку он

всецело зависит от конъюнктуры рынка и может колебаться в значительных пределах.

По мнению авторов [168], в рассмотренный принцип определения экономической доступности (2.1) следует внести некоторые уточнения. Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия – чистая прибыль  $\Pi_{ч}$ , определяется как разность между валовой прибылью и общей суммой налогов, перечисляемых в бюджет из прибыли [275]:

$$\Pi_{ч} = \Pi_{в} - Н_{б} \quad (2.3)$$

где  $\Pi_{в}$  – валовая (балансовая) прибыль, которая определяется по формуле:

$$\Pi_{в} = \Pi_{п} + \Pi_{и} + \Pi_{вр} \quad (2.4)$$

где  $\Pi_{п}$  – прибыль (убыток) от реализации продукции;

$\Pi_{и}$  – прибыль (убыток) от реализации основных средств и иного имущества;

$\Pi_{вр}$  – доходы (расходы) от внереализованных операций;

$Н_{б}$  – величина налогов, перечисляемых в бюджет из валовой прибыли.

Экономическая прибыль (в рыночной экономике) – это общая выручка за вычетом всех внутренних и внешних издержек, включая в последние и нормальную прибыль. Под нормальной прибылью  $\Pi_{н}$  следует понимать минимальный доход (прибыль на капитал в размере процента), необходимый для привлечения и удержания предпринимателя (предприятия) в сфере данного направления деятельности, при условии, что общий доход превышает общие экономические издержки и образуется остаток, который и будет являться чистой прибылью. Цена в системе основных стоимостных показателей (себестоимость, прибыль, заработная плата, кредит и т.д.) занимает центральное место, потому что отражает всю совокупность экономических отношений. Рыночная цена зависит от многих факторов и формируется в зависимости от уровня сбалансированности спроса и предложения, качества труда и его количества на производство продукции.

Спрос и предложение должны рассматриваться как взаимосвязанные и равнозначные ценообразующие факторы. Цена товара формируется и регулируется рынком. С другой стороны, себестоимость продукции также определяет уровень цены. Следовательно, цена  $C$ , по которой лесозаготовитель может реализовать свою продукцию, должна находиться в интервале между рыночной ценой  $C_p$  и себестоимостью  $C$ :  $C < C \leq C_p$ .

Тогда экономическая доступность участка лесного фонда может быть определена по простой зависимости:

$$P_q = (C - C - H_B) \geq P_H \quad (2.5)$$

При этом классификация участков лесного фонда по степени экономической доступности может быть принята исходя из уровня требуемой в текущий период рентабельности реализованной продукции  $R_n$ . Недоступными следует считать ресурсы, нормальная прибыль  $P_H$ , которых ниже минимально приемлемого в данных условиях результата, или рентабельность продукции – меньше (убытки) либо равна нулю.

Следует отметить, что в приведенном методе вычисления экономической доступности лесных ресурсов, отсутствует экологическая составляющая и многоцелевой аспект лесопользования.

В работе [208] предложен несколько иной подход к определению ресурсно-экономической оценки лесов и экономически доступной расчетной лесосеки. Целью этого подхода является разработка программы комплексного использования лесных ресурсов районов одного из субъектов Российской Федерации - Вологодской области.

Ресурсно-экономический потенциал лесов муниципального района предлагается определять по формуле (в рублях):

$$R = \sum_{t=0}^t \frac{(Z-3-3_0-K-W-P-V+L) \cdot t}{(1+E)^t} \quad (2.6)$$

где  $R$  – параметр экономической эффективности разработки лесосырьевой базы;

$t$  – количество лет разработки лесосырьевой базы;

$Z$  – годовой выпуск всех видов лесной продукции;  
 $Z$  – годовые текущие затраты на производство товарной лесной продукции;  
 $Z_0$  – затраты на охрану и воспроизводство природных ресурсов;  
 $K$  – годовые капитальные затраты на строительство лесовозных дорог и другие единовременные затраты;  
 $W$  – годовые затраты на содержание социальной инфраструктуры, создаваемой в связи с использованием водных ресурсов;  
 $P$  – учет годовых рисков;  
 $V$  – неучтенный в хозяйственной деятельности годовой ущерб от загрязнения окружающей среды;  
 $L$  – ликвидационные затраты;  
 $E$  – ставка дисконтирования; как правило, принимается ставка рефинансирования Центрального Банка РФ.

Далее рекомендуется определить параметры экономически доступной расчетной лесосеки, которая позволит рассчитать возможные объемы лесопользования в зависимости от экономического состояния и потенциала предприятий лесной промышленности района:

$$S_t = \sum_{g=0}^m [(N_g + N_{g_{инв}})] \quad (2.7)$$

где  $S_t$  – экономически доступная расчетная лесосека для всех лесопользователей, м<sup>3</sup>/год;

$N_g$  – действующие мощности лесопиления  $g$ -го лесопользователя, м<sup>3</sup>/год;

$N_{g_{инв}}$  – мощности лесопользования, вновь создаваемые за счет инвестиционных средств  $g$ -го лесопользователя, м<sup>3</sup>;

$m$  – количество лесопользователей в районе.

На третьем этапе рассчитываются средства, необходимые для лесного комплекса, для чего учитываются: спрос внешнего и внутреннего рынка, ассортимент продукции, мощности по переработке и отгрузке продукции.

Затраты рассчитываются с учетом норм рентабельности лесного комплекса района:

$$J_n = \sum_{t=0}^n \frac{S_t R}{(1+E_t)^t} \quad (2.8)$$

где  $J_n$  – сумма вложений в разработку лесного комплекса муниципального района, руб.;

$S_t R$  – поступление денежных средств (денежный поток) в конце  $t$ -го года, руб.;

$E_t$  – норма внутренней рентабельности лесного комплекса муниципального района, или уровень доходности затрат. Как правило,  $E_t > E$ , т.е. выгоднее положить деньги на депозит в банк, чем вкладывать их в лесной комплекс.

Далее проводится прогнозирование объемов товарной продукции и бюджетных платежей от предприятий лесного комплекса района.

В рассмотренной работе экономически доступная расчетная лесосека определяется только как сумма мощностей, действующих и вновь создаваемых (за счет инвестиционных средств) лесопользователей. Однако не учитываются возможности лесосырьевой базы, динамика лесного фонда, пространственное расположение, качество и количество экономически доступного лесного фонда при сложившихся условиях лесозаготовки. Отсутствуют рекомендации по планированию и прогнозированию на период  $t$  годовых капитальных затрат на строительство лесных дорог и других единовременных текущих затрат. Метод определения экономического потенциала лесных ресурсов для эксплуатационных насаждений, по мнению Петрова А.П. [185], является наиболее приемлемым на территории России. Существуют методы, основанные только на измеряемых физических данных о древостое. В них основными факторами, определяющими экономическую доступность лесных ресурсов, являются семь показателей таксационных характеристик: площадь выдела, запас растущего леса, запас пиловочника,

процент выбракованных деревьев, средний диаметр, средняя высота, расстояние вывозки [228].

Другой метод определения экономической доступности предлагается в работе А.П. Чижова [246]. В данной работе предлагается экономическую доступность лесных ресурсов определять на стадии деревообработки, с учетом затрат на лесопиление, соответственно прибыль, в рублях, будет определяться по формуле:

$$П = Ц - З_з - З_m - З_c - З_л \quad (2.9)$$

где П – прибыль от реализации продукции;

Ц – оптовая цена обезличенного кубометра древесины;

$Z_з$  – затраты на заготовку обезличенного кубометра;

$Z_m$  – затраты на транспортировку древесины;

$Z_c$  – затраты на строительство временных лесовозных дорог;

$Z_л$  – затраты на лесопиление.

При определении экономической доступности по этой методике возникает вопрос об определении затрат на строительство лесных дорог, которые определяются по расстоянию от нижнего склада до центра выдела, затем от нижнего склада лесопильно-деревообрабатывающего комплекса. Первая составляющая не может быть определена без планирования сети транспортных путей и учета существующих дорог.

Одним из преимуществ этого варианта является учет, как водной транспортировки материала, так и транспортировки сухопутным транспортом. Однако в методике не учтена динамика изменения лесного фонда, что очень важно для формирования общей структуры транспортной сети и для определения очередности освоения лесных массивов. Вследствие этого данный подход не может обеспечить достижение оптимального результата для объектов лесопользования, меньших лесхоза (лесничество, арендный участок ЛЗП). Один из вариантов определения эколого-экономической доступности предлагается в работе [246]. По этой методике

расчет экономической доступности ресурсов должен определяться на стадии проектирования или в процессе лесоустройства следующим образом:

1. Производится таксационный анализ и анализ территориального размещения эксплуатационных запасов по лесосырьевой базе или лесообъекту. Он состоит из таксационной характеристики участков спелого леса: площадь, состав, средняя высота и средний диаметр, полнота, запас на 1 га и их размещения относительно дорог круглогодочного действия. Изучается количество подроста под пологом леса, состояние и целесообразность его сохранения при сплошных рубках. На основании этого делается выбор способа рубки;

2. По товарным таблицам определяется выход сортиментов. Входами в эти таблицы являются средний диаметр насаждения и преобладающая порода. По сложившимся оптовым ценам на лесопродукцию рассчитывается товарная продукция, получаемая с данного участка;

3. С учетом характеристик эксплуатационных запасов древесины на участке рассчитываются затраты на лесосечные (без учета на строительство временных лесовозных дорог и транспортировку древесины лесосеки до нижнего склада) и нижнескладские работы;

4. По плану лесонасаждений или схеме лесосырьевой базы определяется расстояние от нижнего склада до центра квартала, в котором размещен данный лесной массив. По измеренному расстоянию рассчитываются затраты на перевозку древесины «лесосека – нижний склад»;

5. От имеющихся дорог до участка спелого леса (или центра квартала), в котором проектируется рубка леса, по плану лесонасаждений измеряется расстояние. По нему определяются затраты на строительство временных лесовозных дорог с учетом различных сезонов их эксплуатации;

6. Полученные затраты на освоение данного лесного массива суммируются и сопоставляются с товарной продукцией лесозаготовок. Разница между товарной продукцией и затратами на ее получение является прибылью, полученной с данного лесного массива. Отношением прибыли к

себестоимости определяется рентабельность лесозаготовок. По ее величине данный участок относят к соответствующей категории доступности.

Эта методика имеет ряд определенных недостатков:

1. Не учитывается динамика перехода лесов из одной возрастной градации в другую.

2. Очередность разработки лесоучастков определяется исходя из их географического расположения и стоимости строительства путей до них, что совершенно не отвечает требованиям рационального лесопользования.

3. На участке леса (квартале) определяется товарная продукция по преобладающей породе. Также в данном пункте следует отметить, что согласно исследованиям Г.А. Прешкина [198-204] в условиях рыночной экономики подобное определение даёт слишком грубую вычислительную ошибку.

4. Расстояние от нижнего склада до каждой лесосеки определяется прямыми линиями (не учитываются планируемые и существующие транспортные сети).

5. Расчет ведется для каждого отдельного участков леса (квартала) без учета освоения других участков.

6. Расчет ведется только для участков спелого леса.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

- существующие методы определения эколого-экономической доступности лесных ресурсов основаны: на их экономической оценке, основным недостатком обозначенных методов является недостаточность проработки планирования транспортных сетей в динамике;

- можно выделить три методологических подхода к экономической оценке ресурсов леса: а) метод валовой продуктивности, который оценивает потенциально возможный объем их использования и средние цены на товарную продукцию; б) метод восстановительной стоимости, при котором определяются капитализированные затраты на искусственное

воспроизводство лесных ресурсов; в) рентный способ - основан на вычислении ренты как дополнительного дохода, который формируется за счет превышения рыночной цены продукции над ценой производства и покрывает затраты производства и обеспечивает нормальную прибыль.

Методы экономической оценки, основанные на рентном подходе, получили более широкое распространение, так как они учитывают реальный экономический эффект от использования ресурсов леса.

## 2.2 Оценка комплексной продуктивности земель лесного фонда и планирование лесотранспортной сети

Проблемы определения общей экономической стоимости лесных земель в России считаются наиболее обсуждаемыми и находятся в центре внимания государства и общества. Определение главных элементов, включающих объект и субъект оценки, источник оценки, оценочную базу – это способ решения социальных, экономических и политических задач существования и развития общества посредством оценки общей экономической стоимости лесов, на основе данной оценки может быть выработана единая методика кадастровой оценки лесных земель и общая стратегия развития территорий.

Общую экономическую стоимость лесных земель - можно рассматривать, как денежное выражение комплексной продуктивности лесных территорий, т.е. как оценку экологического и экономического потенциала участка лесного фонда и его социального значения. Показатель данной стоимости представляет собой интегральную сумму прямого и косвенного лесопользования, стоимости существования лесов и отложенной альтернативы их использования [см. рисунок 2.1]. Он должен обеспечивать определение размера платы за перевод лесных земель в нелесные, размера платежей за пользование лесным фондом и оценивание результатов

хозяйственной деятельности как лесопользователей, так и представителей органов управления лесным хозяйством.



Рисунок 2.1 – Традиционный подход к формированию показателей общей экономической стоимости лесных ресурсов

Анализируя материал, представленный рисунком 2.1, прямую стоимость лесопользования рассчитать довольно легко, чего нельзя сказать об остальных составляющих общей экономической стоимости. Как, например, расчет в рамках косвенной стоимости использования показателя увеличения производительности труда работников от отдыха в лесу (рекреация). Также сложность расчета общей экономической стоимости характеризуется не только трудностью определения величины косвенной стоимости лесных ресурсов, но и проблематичностью отнесения их к той или иной категории слагаемых обозначенного показателя. Например, стоимость существования так же можно рассматривать с различных позиций, в зависимости от категории лесов (экологическая недоступность для главного лесопользования), в зависимости от целей сохранения лесов (если территория используется в рекреационных целях, то логично стоимость существования рассчитывать в разрезе прямой стоимости использования и т.д.). Или, допустим, рассмотрение показателя объем запаса древесного ресурса носит двойственный характер, – с одной стороны данный показатель представляет собой не реализованный запас древесины какой-либо породы, с другой стороны рассматривается как объем ресурса, продуцирующего углеродепонирующую функцию лесов при различных стоимостных показателях по вариантам рассмотрения и т.п. В этой связи, в целях

настоящего исследования, обозначим основные подходы и методы, применяемые при осуществлении оценочной деятельности, положенные в основу методик исчисления общей экономической оценки недвижимого имущества.

1. Сравнительный подход к оценке земельных участков. Данный подход основан на сравнении объекта оценки с объектами-аналогами, обладающими близкими к нему параметрами, относительно которых в недавнем времени совершались сделки по купле-продаже. Использование данного метода характерно для объектов недвижимости с типовыми свойствами и развитым рынком данного вида недвижимости. Следует отметить, что рынок лесных земель в Российской Федерации отсутствует, поэтому применение данного подхода затруднительно.

В источнике [71] даются рекомендации исчисления общей экономической стоимости лесов на базе сравнительного подхода:

«1. Группировку земельных участков лесного фонда делать по видам использования земель с привязкой к категориям земель, наиболее близких по функциональному назначению к оцениваемым земельным участкам.

2. Рыночную оценку выполнять только для земельных участков, предназначенных для ведения лесного хозяйства (заготовки и переработки древесины). А для остальных земельных участков удельные показатели общей экономической стоимости рассчитывать исходя из значений удельных показателей данной стоимости земельных участков категории и (или) вида использования наиболее близких по функциональному назначению к оцениваемым земельным участкам в пределах того же административного района (Субъекта РФ)».

Обозначенный подход не учитывает ни эколого-экономическую доступность лесных ресурсов, ни планирование создания и развития транспортной сети на территории лесного фонда. Совершенно очевидно, что при использовании данного подхода можно получить лишь усредненные, не соответствующие действительности, значения оценки лесных земель.

2. Затратный подход к оценке земельных участков. Затратный подход базируется на том, что инвестор, проявляя должное благоразумие, не заплатит за участок большую сумму, чем та, в которую обойдутся приобретение соответствующего участка и возведение на нем аналогичного по назначению и полезности здания в приемлемый для строительства период.

Затратный подход включает:

- метод изъятия;
- определение затрат на освоение;
- оценки земель по затратам на инфраструктуру и условиям типовых инвестиционных контрактов.

- *Метод изъятия* определяет стоимость собственно земельного участка как разницу между рыночной стоимостью всего объекта недвижимости (земельного участка с улучшениями) и восстановительной стоимостью улучшений за вычетом их износа. Данный метод расчета стоимости земельного участка основывается на технике остатка для земли. При осуществлении всех расчетов необходимо учитывать временные факторы, инфляционные процессы, а также привести стоимость всех затрат на дату оценки. Стоимость земельных участков, полученную методом изъятия по нескольким однотипным объектам, необходимо скорректировать на имеющиеся между ними различия по элементам сравнения.

- *Метод определения затрат на освоение.* Метод определения затрат на освоение применяется, если наиболее эффективным использованием является разделение земельного массива на отдельные участки. Разбивка большого земельного массива на отдельные участки – широко распространенная практика, поскольку способствует более эффективному использованию земли.

- *Оценка земель по затратам на инфраструктуру и условиям типовых инвестиционных контрактов* проводится на основе затрат на воспроизводство или замещение инфраструктуры.

Основные недостатки затратного подхода: затраты редко эквивалентны рыночной стоимости; сложно рассчитать стоимость воспроизводства старых строений; необходимость отдельно оценивать землю и недвижимость.

Следует отметить, что в настоящее время, ввиду отсутствия рынка лесных земель, в России в большинстве методик оценки обозначенных земель, используется доходный подход.

3. Доходный подход к оценке земельных участков. Доходный подход к оценке земельных участков позволяет получить оценку стоимости земли исходя из ожидаемых потенциальным покупателем доходов, применим только к земельным участкам, приносящим доход.

В рамках доходного подхода применяются следующие методы оценки лесных земель:

- рыночная стоимость земельного участка, рассчитанная *методом дисконтирования*, представляет собой сумму приведенных к дате оценки ожидаемых рентных доходов или других выгод. Потоки доходов за период владения землей переводятся в текущую стоимость. Данный метод широко используется при оценке земельных участков предприятий лесной промышленности. Исходя из объема лесного фонда, предназначенного для промышленного освоения (или уже разработки), а также планируемых или имеющихся производственных мощностей по заготовке лесных ресурсов, определяется продолжительность освоения лесных земель, т.е. длительность прогнозного периода. В связи со спецификой объекта оценки продолжительность прогнозного периода может составлять 50 лет и более;

Выбор временного периода также будет влиять на итоговый результат. В методиках, предлагающих метод дисконтирования денежных потоков [256, 267], временной период не ограничен, то есть осуществляется так называемый «бесконечный цикл рубок», что вызывает несогласие многих отечественных исследователей. По сути своей, это экономическое допущение, которое ничего за собой не несет – его смысл в том, что в какой-то момент времени ставка дисконтирования сделает доходы от последующих

главных рубок настолько низкими, что они не будут вносить какого-либо существенного вклада в экономическую стоимость лесных земель. В то же время, такой подход нельзя применять для заготовки недревесных лесных ресурсов, приносящих урожай ежегодно, так как поток доходов за бесконечный промежуток времени станет бесконечной величиной. Необходимо каким-то образом ограничить этот период, причем в тот момент, когда поток доходов достаточно снизится, чтобы не оказывать значительного влияния на итоговый результат, но одновременно учесть затраты времени на получение дохода от заготовки древесины и не лишить государство дохода от нее [214]. В результате расчетов потока доходов со ставкой дисконтирования равной 0.02, ученые [110-111, 214] пришли к выводу, что оптимальным периодом для расчета является время, необходимое до достижения древостоем спелости после осуществления ближайшей рубки древесины, то есть  $t + T$ , где  $t$  – время до ближайшей рубки древостоя (происходит в момент достижения им спелости), а  $T$  – продолжительность оборота рубки (время от возобновления леса до достижения им спелости). [См. рисунок 2.2].

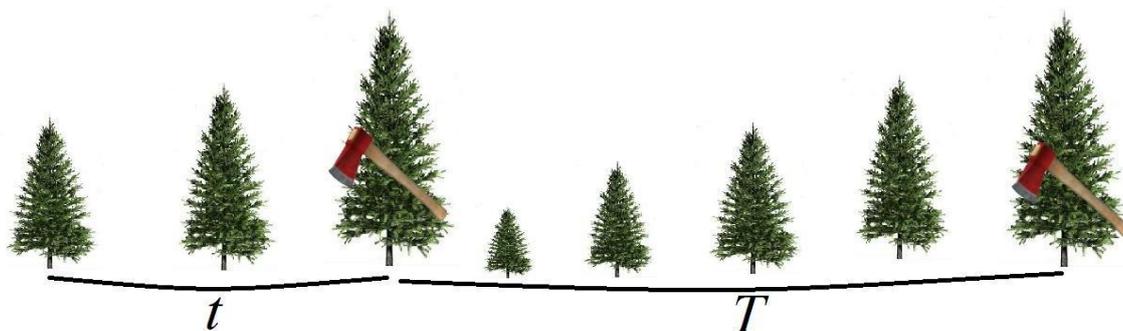


Рисунок 2.2 – Иллюстрация периода дисконтирования доходов от лесозаготовки

Изменение дохода со временем приведено на рисунке 2.3. Точками на графике обозначен момент главной рубки. Как видно из рисунка 2.3, к моменту второй главной рубки доход практически перестает увеличиваться вследствие большего влияния коэффициента дисконтирования. Еще один

аргумент в пользу данного временного промежутка – крайняя непредсказуемость экономической и политической ситуации в стране.

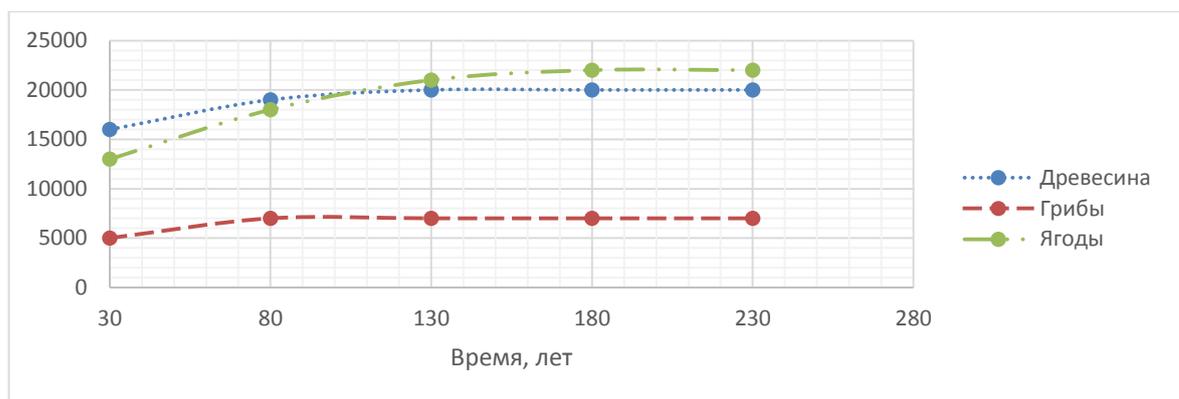


Рисунок 2.3 – Динамика дохода на лесных землях в зависимости от вида лесной продукции

По мнению А.Ю. Романчикова, период в 80-120 лет и так чрезмерно велик, однако только так можно полноценно учесть будущий доход от заготовки древесины. К тому же, дополнительное усложнение расчетов ради прибавки к стоимости менее 10% процентов нецелесообразно, поскольку это меньше точности определения запасов лесных ресурсов на выделах и не приведет к повышению качества результатов оценки [214]. «В данной ситуации также важно учесть, на какие периоды разбивать данный отрезок времени и разбивать ли его вообще. Если дисконтировать доходы за все  $(T+t)$  лет, то результат будет очевидно меньше, чем сумма продисконтированных доходов за каждое десятилетие. Однако в данном случае есть еще один критерий – метод расчета потока доходов от заготовки различных видов лесных ресурсов должен быть одинаковым и сопоставимым, чтобы давать возможность их сравнивать. Тогда временные промежутки должны также быть одинаковыми. Таким образом, необходимо учитывать оборот рубки, так как непосредственный доход от лесовыращивания можно получить только в момент главной рубки. Тогда итоговый поток доходов будет выглядеть как суммирование продисконтированных доходов за временной промежуток  $t$  и за промежуток  $T$ » отмечает А.Ю. Романчиков [214].

Учитывая вышеизложенное, математическая модель [214] для расчета дисконтированных денежных потоков от заготовки древесины ( $w$ ), руб./га поставлена следующим образом:

$$w = \frac{P Q_t k \frac{R}{1+R}}{(1+e)^t} + \frac{P Q_t k \frac{R}{1+R}}{(1+e)^{t+T}} = \frac{P Q_t k \frac{R}{1+R}}{(1+e)^t} \left( 1 + \frac{1}{(1+e)^T} \right), \quad (2.10)$$

где  $P$  – цена кубического метра древесины, руб./м<sup>3</sup>;  $Q_t$  – удельный запас древесины к моменту оценки, м<sup>3</sup>/га;  $k$  – коэффициент приведения к запасу на момент главной рубки;  $R$  – рентабельность продажи древесины;  $e$  – коэффициент дисконтирования;  $t$  – время от момента оценки до ближайшей главной рубки преобладающей породы, лет;  $T$  – оборот рубки преобладающей породы, лет.

В формуле (2.10), отмечают авторы [110, 214], стоит обратить внимание на еще одно важное обстоятельство. Очевидно, что на каждом лесном участке может находиться смешанное насаждение и стоит учитывать доход от заготовки каждой древесной породы. Однако при сплошных рубках древостой вырубается полностью без учета его породного состава. Поэтому величины  $t$  и  $T$  должны определяться однозначно. Авторы предлагают выбирать их в соответствии с преобладающей породой на выделе. Для упрощения расчетов, возможно, использовать разделение только на хвойные и мелколиственные древостои, поскольку статистическая информация о ценах в открытом доступе имеется только для таких групп пород. Тогда при упрощении итоговый дисконтированный денежный поток от заготовки древесины ( $W_{ит}$ , руб./га) будет вычисляться как сумма обозначенных показателей:

$$W_{ит} = W_x + W_l \quad (2.11)$$

где  $W_x$  – дисконтированный денежный поток от заготовки хвойной древесины, руб./га;  $W_l$  – дисконтированный денежный поток от заготовки лиственной древесины, руб./га.

В общем виде математическая модель для расчета дисконтированных денежных потоков от заготовки грибов ( $W_{\Gamma}$ ), руб./га поставлена следующим образом:

$$W_{\Gamma} = \frac{\sum_n^1 P_{\Gamma} Q_{\Gamma} t \frac{R_{\Gamma}}{1+R_{\Gamma}}}{(1+e)^t} + \frac{\sum_n^1 P_{\Gamma} Q_{\Gamma} (T-10) \frac{R_{\Gamma}}{1+R_{\Gamma}}}{(1+e)^{t+T}}, \quad (2.12)$$

где  $P_{\Gamma}$  – цена одного вида грибов, руб./кг;  $Q_{\Gamma}$  – годовой сбор одного вида грибов, кг/га;  $1..n$  – виды грибов;  $R_{\Gamma}$  – рентабельность продажи грибов;  $e$  – коэффициент дисконтирования;  $t$  – время от даты оценки до ближайшего срока главной рубки насаждения (по преобладающей породе), лет;  $T$  – оборот рубки преобладающей в насаждении породы, лет.

Аналогичным образом выведена формула для расчета дисконтированных денежных потоков от заготовки ягод ( $W_{\text{я}}$ ), руб./га:

$$W_{\text{я}} = \frac{\sum_n^1 P_{\text{я}} Q_{\text{я}} t \frac{R_{\text{я}}}{1+R_{\text{я}}}}{(1+e)^t} + \frac{\sum_n^1 P_{\text{я}} Q_{\text{я}} (T-10) \frac{R_{\text{я}}}{1+R_{\text{я}}}}{(1+e)^{t+T}} \quad (2.13)$$

где  $P_{\text{я}}$  – цена одного вида ягод, руб./кг;  $Q_{\text{я}}$  – годовой сбор одного вида ягод, кг/га;  $1..n$  – виды ягод;  $R_{\text{я}}$  – рентабельность продажи ягод;  $e$  – коэффициент дисконтирования;  $t$  – время от момента оценки до ближайшей главной рубки древостоя, лет;  $T$  – оборот рубки преобладающей в насаждении породы, лет.

Расчет дисконтированных денежных потоков от заготовки березового сока ( $W_{\text{бс}}$ ) предлагается проводить по формуле:

$$W_{\text{бс}} = \frac{P_{\text{бс}} Q_{\text{бс}} T_{\text{бс}} \frac{R_{\text{бс}}}{1+R_{\text{бс}}}}{(1+e)^t} + \frac{P_{\text{бс}} Q_{\text{бс}} 3 \frac{R_{\text{бс}}}{1+R_{\text{бс}}}}{(1+e)^{t+T}}, \quad (2.14)$$

где  $P_{\text{бс}}$  – цена одного литра березового сока, руб./л;  $Q_{\text{бс}}$  – объем заготовки березового сока за сезон, л/га;  $R_{\text{бс}}$  – рентабельность продажи березового сока;  $T_{\text{бс}}$  – период заготовки березового сока, лет (при  $t \leq 2$  равен  $t+1$ , в прочих случаях равен 3);  $e$  – коэффициент дисконтирования;  $t$  – время от момента оценки до главной рубки древостоя (по преобладающей породе), лет;  $T$  – оборот рубки преобладающей породы, лет.

Формула для расчета дисконтированных денежных потоков для заготовки живицы ( $W_{ж}$ ) имеет вид:

$$W_{ж} = \frac{P_{ж} Q_{ж} \frac{R_{ж}}{1+R_{ж}}}{(1+e)^t} + \frac{P_{ж} Q_{ж} \frac{R_{ж}}{1+R_{ж}}}{(1+e)^{t+T}} \quad (2.15)$$

где  $P_{ж}$  – цена килограмма живицы, руб./кг;  $Q_{ж}$  – объем заготовки живицы за весь период подсочки, кг/га;  $R_{ж}$  – рентабельность продажи живицы;  $e$  – коэффициент дисконтирования;  $t$  – время от момента оценки насаждения до главной рубки (по преобладающей породе), лет;  $T$  – оборот рубки преобладающей породы, лет.

Запас коры и бересты в среднем составляет 13% от общего запаса древесины [214]. В остальном механизм расчета дисконтированных денежных потоков ( $W_{к}$ ) полностью совпадает с аналогичным для запаса древесины.

$$W_{к} = \frac{P_{к} Q_t k 0.13 \frac{R_{к}}{1+R_{к}}}{(1+e)^t} + \frac{P_{к} Q_t k 0.13 \frac{R_{к}}{1+R_{к}}}{(1+e)^{t+T}} \quad (2.16)$$

где  $P$  – цена кубического метра древесины, руб./м<sup>3</sup>;  $Q_t$  – удельный запас древесины к моменту оценки, м<sup>3</sup>/га;  $k$  – коэффициент приведения запаса к главной рубке;  $R$  – рентабельность продажи древесины;  $e$  – коэффициент дисконтирования;  $t$  – время от момента оценки до главной рубки (по преобладающей породе);  $T$  – оборот рубки преобладающей породы, лет.

Преимуществом приведенной математической модели определения общей экономической стоимости, что является денежным выражением продуктивности лесных земель, по-нашему мнению, является наличие условия многоцелевого лесопользования. Поскольку недревесные лесные ресурсы, в частности пищевые и побочная продукция лесопользования, вносят значительный вклад в результат оценки лесных земель, сопоставимый с вкладом древесных ресурсов, их необходимо учитывать наряду с заготовкой древесины. Очевидно, что экономическая доступность лесных ресурсов в данной модели определялась посредством рентабельности продаж, но транспортная сеть, как механизм достижения обозначенной

доступности в данной модели осталась не учтенной. Также отсутствует учет экологической составляющей устойчивого управления лесами.

В источнике [69] общую экономическую стоимость лесных земель предлагается рассчитывать согласно данным таблицы 2.1.

Таблица 2.1 - Методика расчета общей экономической стоимости лесных ресурсов

Показатель	Формула расчета	Условные обозначения
1. Прямая стоимость использования ( $P_{dc}$ )	$P_{dc} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$ $P_1 = (S_p \cdot R_p) + (S_n \cdot R_n) + (S_s \cdot R_s)$ $P_2 = V \cdot R_f$ $P_3 = (P_1 + P_2) \cdot 10\%$ $P_5 = \frac{Sr \cdot Rr}{K}$	<b>Основные показатели:</b> $P_1$ - стоимость деловой древесины, млн. руб.; $P_2$ - стоимость дровяной древесины, млн. руб.; $P_3$ - стоимость грибов, ягод, лекарственных растений, млн. руб.; $P_4$ - стоимость ведения охотничьего хозяйства, млн. руб.; $P_5$ - стоимость рекреационного лесопользования, млн. руб.; $R_1$ - стоимость средозащитной функции леса, тыс. руб.; $R_2$ - стоимость санитарно-гигиенических функции леса, тыс. руб.; $R_3$ - стоимость защиты водосборного бассейна лесными насаждениями, тыс. руб.; $R_4$ - стоимость защиты почв, земель от эрозии, тыс. руб.; $R_5$ - стоимость сохранения биоразнообразия лесов, тыс. руб.; $R_6$ - стоимость пылезадержания, тыс. руб.; $R_7$ - прирост стоимости ежегодно получаемой сельскохозяйственной продукции, тыс. руб.; $R_8$ - стоимость увеличения производительности труда работников от отдыха в лесу, тыс. руб.; <b>Дополнительные показатели:</b> $S_p, S_h, S_s$ - запас древесины хвойных, твердолиственных и мягколиственных пород соответственно, млн.м <sup>3</sup> ; $R_p, R_h, R_s$ - цена древесины на корню хвойных, твердолиственных и мягколиственных пород соответственно, тыс. руб./м <sup>3</sup> ; $V$ - объем заготовленной дровяной древесины, тыс.м <sup>3</sup> ; $S_f$ - цена реализации дровяной древесины, тыс. руб./м <sup>3</sup> ; $S_r$ - площадь участков лесного фонда, используемых для рекреационных целей, тыс. га.
2. Косвенная стоимость использования ( $P_{ic}$ )	$P_{ic} = P_6 + P_7 + P_8$	
3.1 Экономическая выгода от поглощения лесами углекислого газа ( $P_6$ )	$P_6 = S_{cf} \cdot C_{cd}$	
3.2 Экономическая выгода от выполнения лесами средозащитной функции ( $P_7$ )	$P_7 = \Sigma R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 = S_{fp} \times E_{epf} + S_{fp} \cdot E_{shf} + S_{fp} \times E_{wfp} + S_{fp} \cdot E_{spfp} + S_{fp} \times C_{ap} + S_{fp} \cdot E_{tpe}$	
3.3 Экономическая выгода от выполнения лесами социальных функций ( $P_8$ )	$P_8 = S_{cf} \cdot C_{cf}$	
3. Стоимость отложенной альтернативы ( $V_0$ )	$V_0 = z \cdot N$	
4. Стоимость существования ( $P_0$ )	$P_0 = V_w + V_0$ $V_w = n \cdot v$	
5. Общая экономическая стоимость лесных ресурсов ( $P_{общ}$ )	$P_{общ} = P_{dc} + P_{ic} + V_0 + P_0$	

Согласно данным таблицы 2.1, оценка вклада недревесных лесных ресурсов (грибов, ягод, живицы, коры и бересты, хвои) в экономическую стоимость составляет 10% от стоимости деловой и дровяной древесины. По нашему мнению, вклад недревесных ресурсов в данную стоимость лесных земель должен рассчитываться не на основании усредненных материалов лесных планов, которые отражают объемы фактических заготовок. Он должен определяться через урожайность различных видов пищевых ресурсов и объемов выхода побочной продукции лесопользования на каждом выделе в отдельности. Оценка древесных и недревесных ресурсов должна проводиться на основании метода дисконтированных денежных потоков, так как он наиболее полно отражает экономические свойства лесопродукции. При оценке вклада недревесных лесных ресурсов в общую экономическую стоимость необходимо учитывать прирост таксационных показателей, в частности, диаметра, так как он увеличивается вместе с ростом дерева. Игнорирование данного факта приводит к занижению итоговых значений стоимости земель лесного фонда [214].

- *метод прямой капитализации* предполагает деление годового рентного дохода на соответствующую ставку капитализации, в результате чего величина доходов превращается в стоимость лесоучастка.

Расчеты стоимости лесной земли методом капитализации дохода основаны на использовании следующей формулы:

Стоимость земли = Рентный доход / Коэффициент капитализации

Расчет рентного дохода, как отмечалось ранее, в большинстве современных исследований тесно связан с определением экономической доступности лесных ресурсов. Подобный подход к определению экономической доступности земель лесного фонда в настоящее время используется специалистами лесного хозяйства, лесной промышленности и экономистами лесной отрасли. Понятие лесной ренты в нашей стране наибольшее развитие получило в работах, выполненных под руководством и

при участии А.П. Петрова. В частности, доступность лесных ресурсов определяется через лесную ренту  $r$  и оценивается по формуле [137, 187 и др.]:

$$r = \frac{P_0 - R_1 - C_1}{m} - T - R_{2(xi)} - C_{2(xi)} \quad (2.17)$$

где  $P_0$  – стоимость продукта деревообработки, руб.;  $R_1$  – нормативная прибыль производства конечного продукта, руб.;  $C_1$  – нормативная стоимость производства в изготовлении продукта, руб.;  $m$  – потребление древесины в единицах конечного продукта;  $T$  – транспортные затраты на перевозку круглого леса, произведенные по реальным тарифам, руб.;  $C_{2(xi)}$  – нормативные затраты на заготовку древесины в зависимости от рентообразующих факторов ( $xi$ ), руб.;  $R_{2(xi)}$  – нормативная прибыль лесозаготовки, руб.

Экономическая доступность выражается соотношением

$$r - S > 0 \quad (2.18)$$

где  $S$  – стоимость лесовосстановления, руб.

Если лесная рента  $r$  больше или равна нормативной стоимости лесовосстановления, тогда лесные ресурсы могут считаться экономически доступными. Экономическая модель для оценки доступности лесных ресурсов была апробирована в реальных условиях в Новгородской области Северо-Запада России. Преимущество этого метода заключается в органическом сочетании экономических и экологических требований. Однако он не учитывает реальных затрат на создание и развитие транспортной инфраструктуры, очередности освоения конкретных участков леса. Уточненная методика определения доступности лесных ресурсов предложена Ансси Нисканен (Европейский институт леса), Г.Н. Филюшкиной (Санкт-Петербургская лесотехническая академия) и А.П. Петровым (Всероссийский институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства Москвы) [168]. Эта методика в принципе не отличается от ранее предложенной А.П. Петровым [182], а лишь

уточняет определение рентообразующих факторов условий лесоэксплуатации.

Таким образом, техника расчетов доходным подходом сложна, поскольку доходы распределены во времени и могут существенно изменяться, а ставка капитализации зависит от состояния экономики, особенно финансовой системы и правового регулирования. Использование доходного подхода требует проведения широких экономических исследований для определения значений ставки капитализации. При анализе доходов и расходов можно использовать как ретроспективные (за прошлые периоды), так и прогнозные данные. Главное условие, необходимое при расчетах, – потоки денежных средств от использования, оцениваемого и сопоставимого лесоучастков, должны определяться на одинаковой основе. Неверно сравнивать потоки, рассчитанные на основе ретроспективных данных, с потоками, определенными на основе прогнозных данных (особенно выраженные в рублях). К ограничениям в использовании метода капитализации относятся: неравномерность получаемых доходов, нестабильность цен, большой разброс доходов среди аналогичных лесоучастков;

- одним из методов доходного подхода является *капитализация арендной платы*. Под арендой понимается предоставление лесного участка арендодателем во временное владение и/или пользование арендатору (юридическому или физическому лицу) за плату на определенный срок.

Метод капитализации арендной платы особенно удобен, когда земельные участки сдаются в долгосрочную аренду отдельно от зданий и сооружений.

Анализ существующих методик оценки стоимости земель лесного фонда показал, что обозначенные методики в основном ориентированы на использование лесных земель в целях лесозаготовки. Прочие функции леса не учитываются, как и планирование создания и развития транспортной сети, либо методы их учета проработаны недостаточно подробно. Это ведет к

недооценке лесных земель и может послужить причиной утраты участков, ценных как экономически, так и экологически. Учитывая вышеизложенное, нами предлагается разделить общую экономическую стоимость лесных ресурсов на две основных составляющих: стоимость использования (лесозаготовка) и стоимость сохранения лесных ресурсов (учет побочного лесопользования, экологических и социальных функций леса). [См. рисунок 2.4].

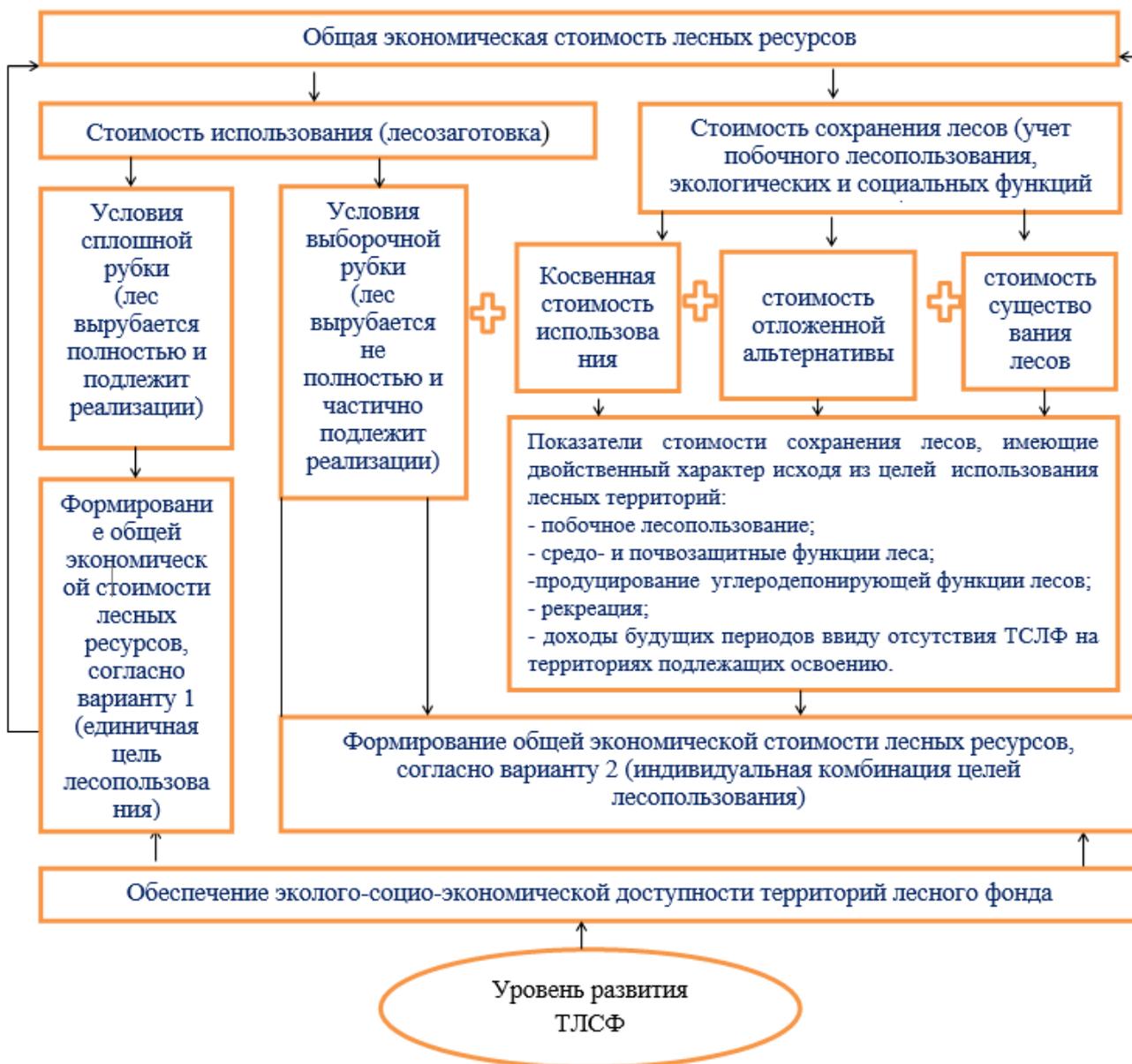


Рисунок 2.4 – Интегральный подход к формированию показателей общей экономической стоимости лесных ресурсов с учетом уровня развития ТЛСФ

Подобный подход к формированию показателей общей экономической стоимости, можно считать интегральным, так как он способен обеспечить суммарную оценку полезностей леса за счет расчета стоимости лесных ресурсов по способу их использования либо неиспользования.

В стоимость сохранения лесов нами предлагается включить показатели косвенной стоимости, которые поддаются расчету, а также учитывать показатели отложенной альтернативы лесопользования и стоимости существования лесов в разрезе показателя не освоения территории лесного фонда. Поскольку инвестирующее в проект создания и развития ТСЛФ предприятие, с одной стороны, теряет доход от реализации запаса древесного сырья ввиду отсутствия лесной дорожной сети на данном этапе освоения. С другой стороны, потерей данного дохода предприятие в некоторой степени оплачивает консервацию лесного массива в целях использования его на будущих этапах создания транспортной сети.

Следует отметить, что в области практической деятельности хозяйствующего субъекта, подлежащая к освоению территория лесного фонда может не в полном объеме использоваться в аспекте главного лесопользования (условия сплошной рубки, т.е. согласно рисунку 2, - вариант 1 формирования общей экономической стоимости лесных ресурсов), либо на отмеченной территории лесного фонда могут осуществляться выборочные рубки. Следовательно, часть данного лесоучастка будет сохранена и может использоваться в других целях. Исходя из того, что цели использования сохраненных лесных земель различны, то для каждого лесоучастка либо единичная цель использования, либо комбинация отмеченных целей будет носить индивидуальный характер (согласно рисунку 2.4 - вариант 2 формирования общей экономической стоимости лесных ресурсов).

Подводя итоги, можно заключить, что предлагаемый интегральный подход с учетом уровня развития ТСЛФ формирования показателей общей экономической стоимости лесных ресурсов, обеспечит учет всех основных

материальных и нематериальных выгод, не связанных с традиционными способами использования древесины в лесопереработке. Данный подход позволит рассчитывать отмеченную стоимость с учетом эколого-социально-экономической доступности лесных территорий, распределить стоимостные характеристики ресурсов лесных земель в зависимости от целей их использования посредством учета уровня развития транспортных сетей в подходе к определению общей экономической стоимости полезностей леса.

### 2.3 Оценка эффективности деятельности по воспроизводству лесов и планирование лесотранспортной сети

Эффективность лесохозяйственной деятельности в направлении повышения продуктивности лесов во многом обеспечивается применением объективной оценки показателей лесного фонда и качества проводимых лесохозяйственных мероприятий. В научной литературе [69, 78 и др.] нами выделено два основных методологических подхода к оцениванию деятельности по воспроизводству лесов. Первый подход базируется на получении балльной оценки от лесохозяйственной деятельности, сущность второго подхода заключается в получении финансового результата посредством проведения лесохозяйственных мероприятий, обозначенный результат определяется как разность между затратами на лесовосстановление и валовой выручкой от прогнозируемой реализации древесины либо выгодой от полезных функций леса.

В целях настоящего исследования рассмотрим обозначенные научные подходы наиболее подробно. Согласно источнику [78 и др. (первый подход)] эффективность лесовосстановительных мероприятий предлагается устанавливать на основе нижеприведенных шести показателей:

$L_0$  – удельный вес площади выполненных работ по лесовосстановлению и лесоразведению в общей площади, не покрытых лесом земель, предназначенных для создания лесных культур и проведения

мер содействия естественному возобновлению (%). Оценка показателя:  
10% = 0,1.

$L_c$  – соблюдение сроков создания лесных культур и проведения мер содействия со времени образования участков, не покрытых лесом земель. Оценка показателя: в течение 2–3 лет = 1,0; за сроки свыше трех лет – минус доля лесовосстановительных мероприятий в эти сроки.

$L_n$  – результат лесовосстановления и лесоразведения. Оценка показателя: результат успешный = 1,0; требуется дополнение = минус с коэффициентом 1,0; требуется исправление = минус с коэффициентом 2,0.

$L_{II}$  – сроки перевода в покрытые лесом земли участков с созданными лесными культурами, мерами содействия естественному возобновлению, оставленных под естественное лесозаращивание. Оценка показателя: в сроки до 8 лет = 0; в сроки 8–10 лет = минус с коэффициентом 1,0; в сроки более 10 лет = минус с коэффициентом 2,0.

$L_r$  – возобновление главной породой. Оценка показателя по участию главной породы в составе древостоя (удельный вес хвойных и твердолиственных): 81–100% = 0; 65–80% = минус с коэффициентом 1,0; 31–64% = минус с коэффициентом 2,0; 0% - 30% = минус с коэффициентом 3,0.

$L_{пр}$  – продуктивность молодняков, переведенных в покрытые лесом земли. Оценка показателя по отношению фактического древесного запаса к расчетному (запроектированному лесоустройством).

Расчет показателей эффективности лесовосстановления и лесоразведения устанавливается следующим образом:

$$L_o = \frac{S_{лв}^{\phi}}{S_{лв}^{пр}} \quad (2.19)$$

где  $S_{лв}^{\phi}$  – общая фактическая площадь лесовосстановления и лесоразведения, га;

$S_{\text{лв}}^{\text{пр}}$  – общая запланированная площадь лесовосстановления и лесоразведения, га.

$$L_c = 0,1 - \frac{(S_{\text{лк}}^2 + S_{\text{сод}}^2)}{(S_{\text{лк}}^{\text{пр}} + S_{\text{сод}}^{\text{пр}})} \quad (2.20)$$

где  $S_{\text{лк}}^2$  – площадь создания лесных культур в течение больше 3 лет, га;

$S_{\text{сод}}^2$  – площадь естественного возобновления с мерами содействия в течение более 3 лет, га;

$S_{\text{лк}}^{\text{пр}}$  – планируемая площадь создания лесных культур, га;

$S_{\text{сод}}^{\text{пр}}$  – планируемая площадь естественного возобновления с мерами содействия, га.

$$L_n = 0,1 - \frac{(2S_n^1 + S_n^2)}{S_{\text{лв}}^{\phi}} \quad (2.21)$$

где  $S_n^1$  – требующая исправления площадь лесовосстановления и лесоразведения, га;

$S_n^2$  – требующая дополнения площадь лесовосстановления и лесоразведения, га.

$$L_{\text{п}} = 0,1 - \frac{(S_{\text{п}}^2 + 2S_{\text{п}}^3)}{S_{\text{п}}^{\text{пр}}} \quad (2.22)$$

где  $S_{\text{п}}^2$  – площадь молодняков, переведенных в покрытые лесом земли в сроки до 8-10 лет, га;

$S_{\text{п}}^3$  – площадь молодняков, переведенных в покрытые лесом земли в сроки более 10 лет, га;

$S_{\text{п}}^{\text{пр}}$  – планируемая площадь перевода молодняков в покрытые лесом земли, га.

$$L_r = 0,1 - \frac{(S_r^2 + 2S_r^3 + 3S_r^4)}{S_r} \quad (2.23)$$

где  $S_r^2$  – площадь молодняков, переведенных в покрытые лесом земли, в том числе на площади с преобладанием в составе хвойных и твердолиственных пород 65-80%, га;

$S_r^3$  – площадь молодняков, переведенных в покрытые лесом земли, в том числе на площади с преобладанием в составе хвойных и твердолиственных пород 31-64%, га;

$S_r^4$  – площадь молодняков, переведенных в покрытые лесом земли, в том числе на площади с преобладанием в составе хвойных и твердолиственных пород  $\leq 30\%$ , га;

$S_r$  – планируемая площадь перевода молодняков в покрытые лесом земли, га.

$$L_{\text{пр}} = M^{\Phi} / M^{\text{пр}} \quad (2.24)$$

где  $M^{\Phi}$  – фактический древесный запас молодняков, переведенных в покрытые лесом земли, тыс. м<sup>3</sup>;

$M^{\text{пр}}$  – плановый древесный запас молодняков, переведенных в покрытые лесом земли, тыс. м<sup>3</sup>;

Интегрированный показатель оценки эффективности лесовосстановительных мероприятий за ревизионный период  $\Pi_{\text{л}}$  рассчитывается следующим образом:

$$\Pi_{\text{л}} = \sqrt[6]{L_o \cdot L_c \cdot L_n \cdot L_{\text{п}} \cdot L_r \cdot L_{\text{пр}}} \quad (2.25)$$

Оценка эффективности работы менеджмента лесохозяйственного учреждения по лесовосстановлению и лесоразведению устанавливается по шкале, приведенной в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Шкала оценки эффективности работы по лесовосстановлению и лесоразведению

Интегрированный показатель, $\Pi$	Оценка успешности работы
$\leq 0,30$	1
0,31 – 0,50	2
0,51 – 0,80	3
$\geq 0,81$	4

Авторы [78] выдвигают предположение, что приведенная методика позволяет на основании небольшого перечня установленных статистической отчетностью показателей объективно оценить эффективность работы лесохозяйственного учреждения по лесовосстановлению и лесоразведению, выявить ключевые факторы по этапам лесовосстановления, приводящие к неудовлетворительным результатам, принять управленческие решения по повышению эффективности лесовосстановительных мероприятий. По нашему мнению, в данной методике отсутствуют учёт динамики лесного фонда и многоцелевой подход к лесопользованию, не учитываются экологическая составляющая лесохозяйственных мероприятий и влияние наличия транспортных сетей на успешность обозначенных мероприятий.

Касательно второго подхода к оценке лесохозяйственной деятельности, в источнике [69] отмечено, что эффективным критерием оценки деятельности по воспроизводству лесов является динамика не покрытых лесной растительностью лесных земель, требующих лесовосстановления. Показателем эффективности лесовосстановления является также динамика породного состава лесонасаждений по группам возраста, свидетельствующая о степени использования хвойных, твердолиственных и мягколиственных пород.

В качестве критериев оценки уровня лесовосстановления авторами [69 и др.] предлагаются следующие:

- коэффициент воспроизводства лесов, т.е. отношение площади проведенных активных лесовосстановительных мероприятий к площади вырубленных и погибших лесов;

- коэффициент эффективности лесовосстановления – отношение площади молодняков, введенных в категорию хозяйственно ценных насаждений, к общей площади лесовосстановления.

- коэффициент ввода молодняков в категорию хозяйственно ценных насаждений, т.е. отношение площади введенных молодняков к площади сплошных вырубок.

Также авторы [69] отмечают, что если значения указанных коэффициентов равны единице, то процесс лесовосстановления оценивается успешным, если лес выращивается и не вырубается ради древесины, то ученые [69 и др.] считают целесообразным рассматривать эффективность лесовосстановления как отношение экологических выгод от выращивания леса к стоимости затрат на лесовозобновление:

$$\mathcal{E}_л = \frac{B_э}{Z_л} \quad (2.26)$$

где  $B_э$  – экологические выгоды от выращивания леса, стоимость которых равна:

$$B_э = \sum_{t=0}^b \frac{B_к+B_у+B_с+B_{бав}+B_п+B_в}{(1+r)^2} \quad (2.27)$$

где  $Z_л$  – затраты на лесовосстановительные работы, проведенные в период роста леса с года  $a$  по год  $b$ , равны:

$$Z_л = \sum_{t=0}^b \frac{z(t)}{(1+r)^2} \quad (2.28)$$

где  $z(t)$  – затраты на лесовосстановительные работы в год  $t$ , руб.;

$r$  – ставка дисконта;

$B_к$  – выгоды от выделения кислорода, руб.;

$B_у$  – выгоды от поглощения  $CO_2$ , руб.;

$B_с$  – выгоды от связывания углерода, руб.;

$B_{бав}$  – выгоды от выделения биологически активных веществ, руб.;

$B_п$  – выгоды от поглощения пыли, руб.;

$B_в$  – выгоды от водоохраной функции лесов, руб.

Следует отметить, что методология расчета указанных выгод в данном научном труде отсутствует. Подробное описание расчета отмеченных выгод представлено в источнике [35].

Также авторы [69] отмечают, что если лес вырубается ради древесины, то эффективность лесовосстановления можно рассматривать как отношение чистого дохода от продажи древесины к затратам на лесовозобновление. Достоинствами данного метода, по-нашему мнению, является учет динамики

лесного фонда и экологической составляющей, что соответствует принципам устойчивого управления лесами. Недостатками данного метода, на наш взгляд, является отсутствие учета факторов планирования, создания и развития лесной дорожной инфраструктуры и многоцелевого подхода к лесопользованию.

Также стоит отметить методику оценивания эффективности лесовосстановления, приведенную в источнике [72]. Согласно источнику [72] в условиях многоцелевого лесопользования предлагается определять затраты на проведение лесохозяйственных мероприятий и их систем, а также достигаемый при этом эффект. Аналогично, как при древесном лесопользовании так и при всех других экологических и специальных видах лесопользования, подобно чистому доходу может быть рассчитан своеобразный «чистый эффект» ( $Ч_{эф}$ ), представляющий собой остаточное стоимостное выражение эффекта при исключении из общей установленной оценки всего достигнутого эффекта в стоимостном выражении всех затрат на его получение (включая поддержание-сохранение насаждений в течение всего периода – цикла лесовоспроизводства).

$$Ч_{эф} = Ц_{эф} + З_{эф} \quad (2.30)$$

$Ц_{эф}$  – весь достигнутый эффект в стоимостном выражении;

$З_{эф}$  – затраты на получение всего достигнутого эффекта.

Соответственно может быть рассчитан и своеобразный «индекс доходности» или лучше показатель, аналогичный индексу доходности, – обобщенно «индекс эффективности» затрат ( $И_{эф}$ ), как отношение чистого эффекта к сумме затрат на его получение.

$$И_{эф} = \frac{Ч_{эф}}{З_{эф}} \quad (2.31)$$

По этим показателям может определяться сравнительная эффективность проводимых традиционных или базовых и вновь

разрабатываемых, в том числе и экспериментальных лесохозяйственных мероприятий.

Так же автор методики отмечает, что природоохранные мероприятия не дают непосредственного экономического эффекта, важнейшим фактором, определяющим преимущество видов и вариантов мероприятий (особенно в современных экономических условиях дефицита финансирования) является уровень затрат на их осуществление при одинаковом или близком экологическом эффекте. По нашему мнению, в современных условиях хозяйствования при определении экономического эффекта от реализации природоохранных мероприятий следует опираться на показатель народно-хозяйственной экономической эффективности.

Таким образом, исходя из анализа основных подходов к оцениванию эффективности лесохозяйственной деятельности, можно заключить, что влияние транспортной составляющей на объем и качество лесохозяйственных работ в научной литературе рассмотрено лишь косвенно и требует дальнейшего научного исследования.

#### 2.4 Оценка величины эколого-экономического ущерба от пожаров территориям лесного фонда и планирование лесотранспортной сети

Согласно анализу научной литературы (п. 1.4 настоящего исследования) существует два подхода к методам оценки эколого-экономического ущерба от пожаров территориям лесного фонда: воспроизводственный и прогностический. В целях настоящего исследования рассмотрим обозначенные методологические аспекты наиболее подробно.

Вся совокупность методов оценки ущерба окружающей среде в рамках воспроизводственного подхода делится на методы прямого счета и методы косвенной оценки. Методы прямого счета включают в себя метод контрольных районов, аналитический метод и комбинированный метод.

Метод контрольных районов основан на сравнении показателей состояния исследуемых объектов с измененной окружающей средой и показателей аналогичных объектов с неизменной окружающей средой. Определенные характеристики контрольного района, исключая подвергшиеся воздействию неблагоприятного события, должны быть близки к аналогичным характеристикам исследуемого района.

В случае использования метода контрольных районов общую величину ущерба из-за ухудшения качества окружающей среды можно определить как сумму полученных затрат и потерь ( $X$ ):

$$X = N_i + S_i + B_i + Z \quad (2.32)$$

где  $N_i$  – потери, связанные с недополучением продукции  $i$ -го вида;

$S_i$  – потери, связанные со снижением цен на продукцию  $i$ -го вида из-за ухудшения ее качества;

$B_i$  – потери, связанные с изменением себестоимости продукции  $i$ -го вида;

$Z$  – затраты на восстановление качества окружающей среды.

$$N_i = p_{i1}(q_{i1} - q_{i2}), \quad (2.33)$$

$$S_i = q_{i2}(p_{i1} - p_{i2}), \quad (2.34)$$

$$B_i = q_{i2}(d_{i2} - d_{i1}). \quad (2.35)$$

где  $p_{i1}$  – цены на единицу продукции эталонного района;

$p_{i2}$  – цены на единицу продукции загрязненного района;

$q_{i1}$  – объем продукции, выпускаемой в эталонном районе;

$q_{i2}$  – объем продукции, выпускаемый в загрязненном районе;

$d_{i1}$  – удельные затраты на производство единицы продукции в эталонном районе;

$d_{i2}$  – удельные затраты на производство единицы продукции в загрязненном районе.

Данная формула представляет собой некий шаблон, который возможно наложить на объекты различного уровня соответственно с различным

содержанием составляющих обозначенной формулы, и который позволяет учесть как прямые ущербы, так и косвенные.

Аналитические методы предполагают статистическую обработку данных о влиянии различных негативных явлений на состояние исследуемого объекта с целью построения аналитической (функциональной) зависимости, характеризующей закон изменения состояния объекта от разнообразных воздействий и дающей возможность оценить размер ущерба от экологических нарушений. Оценка проводится с применением уравнений регрессии, характеризующие закон изменения исследуемого признака в зависимости от значения влияющего фактора, Метод аналитических зависимостей связан с необходимостью сбора и обработки большого массива исходной информации. Используя разные виды и объемы экологических нарушений, можно статистически вывести зависимость ущерба от основных характеристик рассматриваемого региона, например валового выпуска продукции. Примером использования аналитического метода может служить прогнозирование антропогенного воздействия на окружающую среду, приведено в источниках [194-195, 243 и др.].

Комбинированный метод используется, когда ни один из двух предыдущих методов не может быть реализован однозначно и полностью для всех составляющих экономического ущерба. Этот метод применяется, если число факторов, влияющих на состояние объекта, велико, что затрудняет оценку степени влияния на исследуемый объект каждого из этих факторов. В этом случае рекомендуется выбрать несколько районов с примерно одинаковыми значениями отдельных факторов, и, используя статистические данные, построить функциональную зависимость.

Методы косвенной оценки основываются на переносе общих закономерностей факторов, наносящих ущерб исследуемому объекту. Используя ряд нормативных показателей, вид и размер экологического нарушения переводится в экономический ущерб объекта путем усреднения всей массы этого ущерба. При этом не рассматривается часть причинно-

следственных отношений, связанная с оценкой качества окружающей среды и оценкой натурального ущерба. Экономическая оценка ущерба объекту рассматривается по следующей схеме: мощность события → характер и сила воздействия → экономическая оценка ущерба.

Существующие методы и методики получения оценки ущерба позволяют получить величину лишь приближенную к её действительному значению и не учитывают влияние транспортной составляющей, но, при этом, необходимо учитывать, что любой метод оценки ущерба должен отражать все причинно-следственные отношения от возникновения неблагоприятного события до проявления ущерба.

Существуют и другие подходы к оценке ущерба лесным ресурсам. Например, – «Оценку лесов следует вести, учитывая стоимость всей утраченной продукции за весь период восстановления ее потенциала. Также необходимо учитывать снижение урожайности сельхозугодий, ухудшения состояния водных ресурсов, потери рекреационных угодий и ухудшение общего экологического состояния природной среды» [195]. При оценке эколого - экономического ущерба лесным экосистемам необходимо учитывать все пострадавшие лесные блага, которые включают лесные ресурсы и разнообразные функции лесов, а также, по-нашему мнению, влияние транспортной составляющей, так как лесная дорожная сеть является механизмом достижения эффективности противопожарных мероприятий и воспроизводства лесов на пройденных пожаром территориях лесного фонда.

Во многих работах порядок расположения оцениваемых факторов заключается в первоэтапном определении оценки древесины и последующем умножении ее на коэффициенты, характеризующие все недревесные «полезности» лесов. Иногда в качестве основы или главного фактора принимаются вычисления различными способами стоимости лесной земли, и она уже в последующем умножается на соответствующие коэффициенты, соответствующие уровню экономической ценности снижения экологического неблагополучия. Суммарная эколого-экономическая оценка лесов Урала

предложена Лебедевым Ю.В. [195]. Согласно обозначенной методике экономический ущерб древесным ресурсам заключается в сокращении текущего среднегодового прироста древесины, в уменьшении запаса древесины, в снижении её товарной ценности. Величина экономического ущерба древесным ресурсам в спелых насаждениях рассчитывается по формуле:

$$Y_d = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_d \cdot K_d \cdot S, \quad (2.36)$$

где  $Y_d$  – величина ущерба древесным ресурсам, руб.;

$\mathcal{E}_d$  – кадастровая стоимость запаса древесины  $i$ -породы в неповрежденных древостоях на контрольном участке (территории), руб./га;

$K_d$  – коэффициент снижения ценности древесного запаса в насаждениях, пострадавших в результате негативного воздействия;

$S$  – площадь участка (территории), пострадавшего в результате негативного воздействия, га.

Экономический ущерб недревесным (второстепенным) растительным ресурсам и ресурсам побочных лесных пользований от вреда, причиненного негативным воздействием, заключается в сокращении запасов недревесных растительных ресурсов и сокращении побочных пользований лесом из-за изменения видового состава лесной растительности, повреждений хвои, кустарников, травяного покрова.

Экономический ущерб лесным почвам, причиненный в результате негативного воздействия, заключается в снижении их потенциальной ресурсной продуктивности на лесопокрытой территории. Величина экономического ущерба лесным почвам рассчитывается по формуле:

$$Y_n = \mathcal{E}_n \cdot K_n \cdot S, \quad (2.37)$$

где  $Y_n$  – величина ущерба лесным почвам, руб.;

$\mathcal{E}_n$  – кадастровая стоимость лесных почв на контрольном лесопокрытом участке (территории) по потенциальному запасу древесины в модальных насаждениях, руб.;

$K_{\Pi}$  – коэффициент снижения продуктивности лесных почв в насаждениях, пострадавших в результате негативного воздействия;

$S$  – площадь участка (территории), пострадавшего в результате негативного воздействия, га.

Общая формула для расчета величины ущерба средоформирующим функциям лесов, причиненного негативным воздействием, имеет вид:

$$Y_c = \mathcal{E}_c \cdot K_c \cdot S, \quad (2.38)$$

где  $Y_c$  – величина ущерба средоформирующим функциям лесов, руб.;

$\mathcal{E}_c$  – кадастровая стоимость средоформирующей функции лесов, руб./га;

$K_c$  – коэффициент, определяющий снижение значимости средоформирующей функции лесов;

$S$  – площадь, пострадавшего участка, га.

Формула для расчета величины экономического ущерба социальным функциям леса, причиненного негативным воздействием, имеет вид:

$$Y_э = \mathcal{E}_э \cdot K_э \cdot S, \quad (2.39)$$

где  $Y_э$  – величина экономического ущерба социальным функциям леса, руб.;

$\mathcal{E}_э$  – кадастровая стоимость социальных функций леса, руб./га.

$K_э$  – коэффициент, определяющий снижение значимости социальной функции леса;

$S$  – площадь пострадавшего участка, га.

Согласно приведенной методике, суммарная величина экономического ущерба от вреда, причиненного негативным воздействием, является суммой экономических ущербов отдельным полезным свойствам пострадавших участков леса в соответствии с их функциональным назначением, определенным правовым статусом согласно Лесному кодексу Российской Федерации. Приведенная методика обладает несомненным достоинством, которое заключается в комплексном подходе к оценке эколого-экономического ущерба, но учет транспортной инфраструктуры в ней отсутствует. В источнике [195] также представлена методика, учитывающая

суммарный эффект полезностей лесных ресурсов. В качестве критерия экономической оценки ущерба лесам от пожаров в приведенной методике принята величина, включающая и расходы общества и его потери в связи с лесными пожарами. Эти потери представляют собой снижение стоимости пострадавших от пожара участков леса. Формализация расчета потерь древесины по типам пожаров приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Расчет потерь древесины по типам пожаров

Условия		Формулы для расчета величины ущерба		
		Низовые пожары	Верховые пожары	Показатели
Спелые насаждения возраста $T$	Есть реализация пострадавшей древесины	$Y_T = 0$	$\Delta D = Q_1 \cdot F_1 \cdot P_1$ $Y_T = \sum_{i=1}^n \Delta D_1 \cdot \Pi$	$\Delta D$ – величина потерь древесины при пожаре ( $m^3$ ), $Q_1$ - запас древесины на 1 га на пострадавшем от пожара участке с $i$ -ой породой на ( $m^3/га$ ), $F_1$ - площадь участка леса с $i$ -ой породой, пройденная низовым пожаром, $F$ - площадь участка леса с $i$ -ой породой, пройденная верховым пожаром, $K_1, K_2, K_3$ - коэффициенты распределения лесной площади на $i$ -ой преобладающей породой деревьев после низового пожара на территории соответственно со слабой, средней и сильной поврежденностью древостоя, $P_1, P_2, P_3$ - коэффициенты потенциального отпада древесины на участке с $i$ -ой преобладающей породы деревьев после низового пожара на территории соответственно со слабой, средней и сильной поврежденностью древостоя, $n$ - Число участков леса с различными породами деревьев. $\Pi$ - лесная такса (средневзвешенная) за древесину. $V_1$ - возрастной коэффициент для перевода запаса древесины возраста $t$ в запас спелой древесины возраста $T$ , $p$ - ставка от потери древесины по типам пожаров? $Y_T$ -ущерб от потери древесины при лесных пожарах в спелых насаждениях, $Y_1$ - ущерб от потери древесины при лесных пожарах в неспелых насаждениях. $i$ - номер хозяйственной секции (породы), $T$ - период горения.
	Нет реализации пострадавшей древесины	$\Delta D = \sum_{i=1}^n Q_1 \cdot F_1 (K_1 \cdot P_1 + K_2 \cdot P_2 + K_3 \cdot P_3)$ $Y_T = \sum_{i=1}^n \Delta D_1 \cdot \Pi$	$\Delta D = Q_1 \cdot F$ $Y_T = \sum_{i=1}^n \Delta D_1 \cdot \Pi$	
Неспелые насаждения возраста $t$	Есть реализация пострадавшей древесины	$Y_1 = \sum_{i=1}^n \Delta D_1 \cdot \Pi \frac{1}{(1+p)^{T-1}}$		
	Нет реализации пострадавшей древесины	$Y_1 = \sum_{i=1}^n \Delta D_1 \cdot \Pi + \Delta D V_1 \Pi \frac{1}{(1+p)^{T-1}}$		

Экономическая оценка функции чистых лесонасаждений (1га лесных земель) в поддержании состава воздуха атмосферы за период одного оборота рубки леса предлагается рассчитывать согласно выражению (2.40):

$$\mathcal{E}_a = \sum_{i=1}^n q_i \sum_{j=1}^m p_j (1 + V_1 \cdot Y_1 + Y_2 + V_2) t_1 \cdot d_1) \cdot (P_c \cdot \Pi_c + P_0 \cdot \Pi_0) \quad (2.40)$$

где  $\mathcal{E}_a$  – экономическая оценка функции леса в поддержании состава воздуха атмосферы;

$q_i$  – текущий среднепериодический прирост стволовой древесины в  $i$ -ой группе возраста, м<sup>3</sup>/га;

$p_j$  – вес 1м<sup>3</sup> абсолютно сухой древесины  $i$ -ой породы из числа  $m$  групп лесных насаждений;

$V_1, V_2$  – коэффициенты соизмерения древесины пней и корней, сучьев и ветвей в  $i$ -ой группе возраста;

$Y_1, Y_2$  – коэффициенты соизмерения прироста фитомассы отдельных компонентов лесонасаждений по различным возрастным группам;

$t_1$  – продолжительность  $i$ -ой группы возраста, лет;

$d_1$  – коэффициент дисконтирования для  $i$ -ой группы возраста;

$n$  – число групп возраста лесонасаждения (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые);

$P_c, P_0$  – интенсивность поглощения углекислого газа и выделение кислорода при образовании абсолютно сухой древесины;

$C_c, C_0$  – величина «замещающих затрат» при оценке данной функции леса руб./т, соответственно для углекислопоглощающей и кислородообразующей функции леса (определяется по данным специально уполномоченных государственных органов по охране окружающей среды).

Экономическая оценка в форме долговременного эффекта водоохраной и водорегулирующей функции леса (1га лесных земель) за период одного оборота рубки леса, согласно обозначенному источнику, определяется поэтапно:

На первом этапе вычисляются годовые приросты речного стока, обусловленных наличием лесов:

$$R = P \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \quad (2.41)$$

где  $R$  – прирост речного стока, м<sup>3</sup>/га в год;

$P$  – среднегодовой прирост речного стока в спелых, высокоплотных, высокобонитетных и хвойных равнинах леса при возрастании лесистости водосбора на 1%, в среднем по данным экспертов 15 м<sup>3</sup>/га в год;

$K_1$  – коэффициент лесистости территории, (%);

$K_2$  – коэффициент, характеризующий рельеф водосбора;

$K_3$  – коэффициент, характеризующий долю болот и заболоченных лесов на водосборе;

$K_4$  – коэффициент, характеризующий преобладающую породу насаждения, определяется для каждого лесокадастрового округа;

$K_5$  – коэффициент, характеризующий группы возраста насаждений;

$K_6$  – коэффициент, характеризующий полноту насаждений;

$K_7$  – коэффициент, характеризующий бонитет насаждений.

На втором этапе определяется суммарный экономический эффект:

$$\Delta_p = \sum_{i=1}^n (R_1 \cdot C_1 + R_j \cdot (C_1 - C_2)) t_1 \cdot d_1 \cdot z_1 \quad (2.42)$$

где  $\Delta_p$  – суммарный экономический эффект, руб./га;

$R_1$  – годовой прирост речного стока, обусловленный наличием лесов, зависит от лесистости территорий, рельефа водосбора, заболоченности территории на водосборе, преобладающей породы деревьев в насаждении, их возраста, полноты и класса бонитетов (типа леса), м<sup>3</sup>/га в год;

$C_1, C_2$  – коэффициенты подземной составляющей речного стока для данной лесопокрытой территории и территории, непокрытой лесом;

$R_j$  – общая величина речного стока на данной территории, м<sup>3</sup>/т в год, определяется специально уполномоченными государственными органами по охране водных ресурсов;

$t_1$  – продолжительность  $i$ -ой группы возраста лесонасаждений лет;

$d_1$  – коэффициент дисконтирования для  $i$ -ой группы возраста;

$z_1$  – водная рента, руб./га.

Такие данные обычно используются для установления платы за перевод земель лесного фонда в земли других категорий. Суммарную дисконтированную величину ущерба любой средоформирующей функции лесов после пожара автором методики [195] предлагается рассчитывать следующим образом:

- при использовании базовой формулы простых процентов:

$$Y = (\mathcal{E} - \lambda_{\mathcal{E}}) \sum_{i=1}^{20} \frac{1}{(1+P_j t_j)} + (\mathcal{E} - \lambda_{\mathcal{E}}) \sum_{i=2}^6 \frac{1}{(1+P_j t_j)} \quad (2.43)$$

- при использовании базовой формулы сложных процентов:

$$Y = (\mathcal{E} - \lambda_{\mathcal{E}}) \sum_{i=1}^{20} \frac{1}{(1+P_j)^i} + (\mathcal{E} - \lambda_{\mathcal{E}}) \sum_{i=2}^6 \frac{1}{(1+P_j)^i} \quad (2.44)$$

В данных формулах первые слагаемые представляют собой суммарные дисконтированные ущербы за первый класс возраста (хвойные насаждения – 20 лет), а вторые слагаемые суммарные дисконтированные ущербы за последующие пять классов возраста (с 21 года до 120 лет).

Таким образом, за основу разработки данной методики берется принцип оценки совокупности показателей природных благ до возникновения пожара и натуральных негативных воздействий после пожара, что, несомненно, является достоинством рассматриваемой методики. Суммирование обозначенных эффектов рассчитывается за последовательные интервалы времени, равные классам возраста насаждений, но учет транспортной составляющей также отсутствует.

В целях настоящего исследования рассмотрим моделирование эколого-экономического ущерба от пожаров территориям лесного фонда в рамках прогностического подхода. Примером прогностического моделирования может являться вероятностная балансовая модель лесных пожаров [21].

На начальном этапе моделирования определяется интенсивность потока случайного процесса возникновения лесных пожаров:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M[N(t, \Delta t)]}{\Delta t} \quad (2.45)$$

где  $N(t, \Delta t)$  количество пожаров на интервале  $[t, t + \Delta t]$ ,  $M[\dots]$  обозначает математическое ожидание.

Формализация модели основана на пуассоновском процессе. Для пуассоновского процесса характерно следующее равенство:  $P\{N(t, \tau) = k\} = \frac{a(t, \tau)^k}{k!} \exp(-a(t, \tau))$ , где  $P\{\dots\}$  – вероятность события,  $t$  – текущий

момент времени,  $\tau$  – временной интервал, для которого оценивается число пожаров,  $k$  – количество пожаров на интервале  $[t, t + \tau]$ ,  $a(t, \tau) = \int_t^{t+\tau} \lambda(t) dt$  – параметр распределения Пуассона. Авторами [222] принято предположение об экспоненциальном распределении площадей пожаров:  $f(S) = \mu \cdot \exp(-\mu S)$ , где  $S$  – площадь пожара,  $\mu$  – параметр экспоненциального распределения, равный обратной величине средней площади пожара  $\mu = 1/S_m$ , где  $S_m$  – средняя площадь пожара. При этом совместная плотность распределения вероятностей будет обозначаться следующим равенством:  $f(k, S) = f(k) \cdot f(S) = \frac{a(t, \tau)^k}{k!} \exp(-a) \cdot \mu \cdot \exp(-\mu S)$ .

Суммарная площадь пожаров находится с учетом деления лесных пожаров на низовые и верховые как математическое ожидание:

$$S_f = M [K \cdot S] = \sum_{k=0}^{\infty} k \frac{a^k}{k!} e^{-a} \int_0^{\infty} S (b_{12} \mu_2 e^{-\mu_2 S} + (1 - b_{12}) \mu_1 e^{-\mu_1 S}) ds = a(t, \tau) \cdot \left[ \frac{b_{12}}{\mu_2(t)} + \frac{1-b_{12}}{\mu_1(t)} \right] \quad (2.46)$$

где  $S_f$  – математическое ожидание суммарной площади пожаров,

$b_{12}$  – вероятность перехода пожара в категорию верховых, индексы 1, 2 обозначают соответственно низовой и верховой пожары.

Существуют и комбинированные методы расчета эколого-экономического ущерба от пожаров территориям лесного фонда [10, 35 и др.]. Например, в источнике [10] приведена методика расчета эколого-экономического ущерба с учетом технологий тушения лесного пожара. Согласно методике [10] предотвращенный экологический эффект от применения новых технических средств или технологий борьбы с лесными пожарами определяется:

- в стоимостном выражении сокращением площадей выгоревшего леса, выбросов оксида углерода и продуктов пиролиза,

- в количественном выражении сокращением объема поглощенного кислорода и не поступлением в атмосферу диоксида углерода, выделением кислорода и поглощением диоксида углерода сохраненными лесами.

Ущерб от лесных пожаров оценивается по упрощенному варианту методики [10] без сравнения альтернативных вариантов тушения. Расчет величины предотвращенного ущерба производится на основании следующих исходных данных:

$P$  – количество пожаров в сезон на одну команду, шт.;

$S$  – средняя площадь пожара к началу тушения, га;

$V_p$  – средняя скорость прироста периметра пожара, м/ч;

$P_б, P_н$  – производительность тушения по базовой и новой технологиям или средствам механизации (паспортные или расчетные данные), м/ч;

$N$  – число рабочих в бригаде, чел.;

$Q_г$  – запас леса на гектаре, м<sup>3</sup>;

$Q_п$  – количество подстилки на гектаре, т;

$C_{др}$  – цена крупной, средней, мелкой и дровяной древесины на корню, руб/м<sup>3</sup>;

$P_c$  – полнота сгорания, %.

\* – среднестатистические данные по региону или базе авиалесоохраны.

Время прибытия к месту лесного пожара определяется по формуле (2.47):

$$T_{\Sigma} = \frac{Ld \frac{P_{грав}}{V_{грав}} + \frac{P_{грунт}}{V_{грунт}} + \frac{P_{пр}}{V_{пр}} + \frac{P_{лес}}{V_{лес}}}{100} + t_{обн} + t_{погр} + t_{выгр} \quad (2.47)$$

где  $t_{обн}$  – время обнаружения лесного низового пожара с момента его возникновения по сравниваемым вариантам, ч;

$t_{погр}$  – время получения известия об обнаружении лесного пожара, передачи приказа, погрузки людей и оборудования, выезда, ч;

$t_{\text{выгр}}$  – время выгрузки оборудования в конечном пункте доставки, ч;

$\Pi$  – процент дорог от общего расстояния доставки по видам покрытия (гравийное, грунтовое, автозимники, или просеки, по лесу) на маршруте движения;  $V_{\text{грав}}$ ,  $V_{\text{грунт}}$ ,  $V_{\text{пр}}$ ,  $V_{\text{лес}}$  – скорости движения на тех же участках дорог, км/ч.

Периметр пожара  $P$  (км) определяется по выражению (2.48):

$$P = 0,5\sqrt{S} \quad (2.48)$$

где  $S$  – площадь пожара, га.

Скорость роста периметра пожара  $V_{\Pi}$  (км/ч) по базовой  $V_{\Pi 6}$  и новой  $V_{\Pi H}$  технологиям определяется по выражению:

$$V_{\Pi} = \frac{P}{T} \quad (2.49)$$

Скорость локализации периметра пожара  $V_L$  (м/ч) по вариантам определяется по выражению:

$$V_L^6 = \Pi^6 \cdot N; \quad V_L^H = \Pi^H \cdot N \quad (2.50)$$

Время локализации  $T_L$  (ч):

$$T_L^6 = \frac{m^6}{V - 0,5V_p}; \quad T_L^H = \frac{m^H}{V - 0,5V_p} \quad (2.51)$$

Периметр пожара к концу тушения  $P_k$  (км):

$$P_k^6 = V_L^6 \cdot T_L^6; \quad P_k^H = V_L^H \cdot T_L^H \quad (2.52)$$

Выгоревшие площади  $S$  (га) по вариантам

$$S_6 = 4P_{k6}; \quad S_H = 4P_{kH} \quad (2.53)$$

Сокращение выгоревших площадей  $\Delta S$  (га)

$$\Delta S = S_6 - S_H \quad (2.54)$$

Исходя из запаса древесины на гектаре ( $Q_{\Gamma}$ , м<sup>3</sup>) и таксы на нее при отпуске на корню в конкретном субъекте Российской Федерации, определяется по сортиментным и товарным таблицам средний объем древостоя  $Q_{\text{ср}}$  (м<sup>3</sup>) и его количество в виде крупной  $Q_k$ , средней  $Q_c$ , мелкой  $Q_m$  и дровяной  $Q_d$  древесины. Согласно нормативным документам на

пользование лесными фондами для различных регионов (или 5 % рыночной стоимости круглого леса), определяется цена древесины по видам ( $C_k$ ,  $C_c$ ,  $C_m$ , и  $C_d$ ) руб./м<sup>3</sup> на гектаре по выражению:

$$C_{др} = \frac{(Q_k \cdot C_k + Q_c \cdot C_c + Q_m \cdot C_m + Q_d \cdot C_d) \cdot Q_r}{Q_{ср}} \quad (2.55)$$

где  $C_{др}$  – цена древесины за 1 га, руб.

Величина предотвращенного ущерба  $Y$  (руб.) определяется с учетом потерь древесины по породам  $P$  (%) по выражению (2.56):

$$Y = Y_{ср} \cdot \Delta S \cdot P_o \quad (2.56)$$

где  $Y_{ср}$  – ущерб от пожара на площади 1 га, руб.

$$Y_{ср} = C_d \cdot Z_l \quad (2.57)$$

где  $P_o$  – отпад древостоев после устойчивого низового пожара (0,3);

$C_d$  – цена древесины на корню, руб./м<sup>3</sup>;  $Z_l$  – запас леса на гектаре, м<sup>3</sup>/га.

Количество выбросов в атмосферу Земли диоксида углерода  $M_{CO_2}$  и выгорание кислорода  $M_{O_2}$  (кг/га) определяется по выражениям (2.58-2.59):

$$M_{CO_2} = C_{CO_2} \cdot 100 \cdot Q_{п} \cdot P_c \quad (2.58)$$

$$M_{O_2} = C_{O_2} \cdot 100 \cdot Q_{п} \cdot P_c \quad (2.59)$$

где  $C_{CO_2}$  и  $C_{O_2}$  – количество выделяющегося при сгорании 1 кг ЛГМ диоксида углерода и поглощение кислорода в расчетах соответственно 0,5 и 1,24 кг;

$Q_{п}$  – запас подстилки на 1 м<sup>2</sup> (в расчетах для низовых пожаров 3 кг/м<sup>2</sup>, для верховых – 7, степных – 0,1 кг/м<sup>2</sup> при высоте травостоя 15 см; 0,2 кг/м<sup>2</sup> – при высоте травостоя от 15 до 30 см; 0,3 кг/м<sup>2</sup> – при высоте травостоя более 30 см);

$P_c$  – полнота сгорания (в расчетах 50 процентов для низового пожара, 75 – для верхового, 100 – для степного и торфяного).

Таким образом, в данной методике, даже при учете технологических факторов наличие транспортной сети на территориях лесного фонда не подлежало учету.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что учет фактора наличия и уровня развития транспортных сетей на территории лесного фонда при моделировании определения величины эколого-экономического ущерба от пожаров лесным территориям в научной литературе отсутствует. Следовательно, обозначенная тематика требует углубленного научного изучения.

С учетом вышеизложенного, исходя из анализа, представленных в научной литературе [1, 9, 17, 83, 85, 110-111, 210, 214, 219, 256, 267 и др.], основных методологических подходов к оцениванию эффективности устойчивого управления лесами и лесопользованием, можно заключить, что влияние транспортной составляющей на продуктивность лесных земель рассмотрено локально, с отсутствием комплексного подхода и требует дальнейшего научного исследования.

## 2.5 Выводы по второму разделу

Подводя итоги второй главы данного исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Приведенных составляющих оценки общей экономической стоимости участков земель лесного фонда при планировании устойчивого лесопользования далеко не достаточно. Прежде всего, необходимо учитывать влияние на величину данной стоимости лесной территории таких важных факторов как наличие и уровень развития лесотранспортной сети, определяющей как экономическую доступность лесных ресурсов, так ресурсно-эколого-социальную продуктивность указанной территории в целом с учётом природно-производственных и антропогенных факторов. При этом важно оценить как фактическое наличие и качество существующей

лесотранспортной сети, так и решить задачу, какой должна быть оптимальная лесотранспортная сеть, при которой общая экономическая стоимость участка земель лесного фонда на конкретной территории будет максимальной.

2. Рациональное планирование, включающее составляющую оптимизации развития лесотранспортной сети, территориальное и по времени размещение лесохозяйственных и лесопромышленных производств – одни из нерешенных, наиболее сложных и актуальных вопросов организации устойчивого управления лесным комплексом. Решение этих задач должно основываться на современных методах математического моделирования и оптимизации, обеспечивающих минимальные капитальные и эксплуатационные затраты на проектирование и строительство дорожной сети, транспортировку грузов и эффективное функционирование всего лесного комплекса. Очевидно, что эта задача относится к типу исследования сложных динамических систем.

3. На основе анализа научной литературы было выявлено, что вопросы влияния параметров лесной транспортной сети на продуктивность лесных земель (повышение эффективности лесовосстановительных и противопожарных мероприятий, повышение качества экономической оценки лесных ресурсов и земель лесного фонда, разработки стратегии устойчивого развития лесных территорий и т.п.) недостаточно проработаны.

4. Планирование рациональной транспортной системы на территории лесного фонда представляет собой многокритериальную задачу, поскольку, стоимость её строительства и эксплуатации, экологическая, социальная и техническая эффективности противоречивы. Исходя из этого, необходимо рассматривать планируемую ТСЛФ и территорию предполагаемого освоения лесного фонда как единую сложную систему, находящуюся в синергетических связях между собой с учётом влияния природных и антропогенных факторов.

5. Лесные пожары являются одним из наиболее актуальных дестабилизирующих факторов в лесном хозяйстве, поскольку ежегодно под их воздействие попадают миллионы гектаров леса не только в России, но и в других странах мира (Австралия, Греция, Испания и др.). Трудности, возникающие при оценке стоимости лесных ресурсов, в том числе наличие экономического понятия «неоцениваемые полезности леса», применение при определении ущерба от пожаров в стоимостном выражении заниженных экономических показателей, свидетельствуют о том, что оценка реального ущерба, причиняемого лесными пожарами – сложная проблема, требующая дальнейшей разработки.

Учитывая вышеизложенное в рамках настоящего исследования, в целях установления необходимости и возможности разработки методологического аппарата оценивания комплексной продуктивности территорий лесного фонда с учетом уровня развития лесотранспортной сети, следует исследовать влияние параметров лесной транспортной сети на технико-эколого-социально-экономическое развитие отрасли и территорий лесного фонда.

### 3 Исследование влияния параметров лесотранспортной сети на продуктивность территорий лесного фонда

#### 3.1 Общие положения

Как было отмечено в предыдущих параграфах настоящего исследования, наличие непосредственного влияния параметров лесотранспортной сети на технико-эколого-социо-экономическое развитие отрасли и территорий лесного фонда обозначено в научной литературе [13, 42, 132, 168, 183 и др.] как само собой разумеющееся явление, представленное посредством некой аксиомы, не требующей расчетно-экспериментальных доказательств. По нашему мнению, подобный подход к научно-значимым утверждениям не является правильным, поскольку любое утверждение должно быть научно обосновано и доказано посредством проведения экспериментальных исследований, выявления определённых причинно-следственных связей с учетом динамики развития и пр. Очевидно, что в целях выявления зависимостей влияния параметров транспортной сети на продуктивность лесных территорий необходима соответствующая доказательная база, подтверждающая данный факт. С учётом локального характера научных исследований в области изучения влияния параметров транспортной сети на технико-эколого-социо-экономическое развитие отрасли и территорий лесного фонда, в данном разделе ставится задача на основе вычислительного эксперимента установить в количественном измерении причинно-следственные связи отмеченных выше исследуемых параметров. В научной литературе [112, 138, 143, 149 и др.] определяющим показателем влияния друг на друга исследуемых параметров принято считать величину степени их взаимозависимости. В наших исследованиях поставленная задача выполнена посредством метода корреляционно-регрессионного анализа, который применяют, как правило, для выявления формы связи между изучаемыми параметрами [112-113, 143]. К

преимуществам корреляционного анализа можно отнести: простоту, гибкость, при использовании линейных регрессионных моделей; результат прогнозирования может быть получен быстрее, чем при использовании других моделей обработки статистических данных; а также доступность анализа всех промежуточных вычислений. Кроме того, этот метод можно применять в ряде особых случаев, в которых экспериментальный подход сопряжен с трудностями или даже невозможен [143]. Данный метод в рамках постановки вычислительного эксперимента по установлению влияния параметра плотности лесных дорог на ресурсный потенциал территорий лесного фонда, в частности, применялся в работе [168]. Необходимо отметить, что вычислительный эксперимент, представленный в отмеченном научном труде, имеет существенные недостатки: во-первых, в данной работе отсутствует комплексный подход к лесопользованию; во-вторых, обработка приведенных статистических данных выполнена достаточно поверхностно, нет этапа верификации полученных данных. Для устранения данных недостатков нами принимается разделение лесничеств, на примере Красноярского края, по плотности лесных дорог (данный показатель определяет уровень развития транспортных сетей на территориях лесного фонда) на три группы: группа I - 0-1 км/тыс. га; группа II - 1-5 км/тыс. га; группа III – 5 км/тыс. га и более.

### 3.2. Определение зависимости эффективности реализации лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий от уровня развития лесотранспортной сети

#### 3.2.1 Определение зависимости объема выхода деловой древесины в эксплуатационных лесах от уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда

В данном подразделе исследована степень зависимости заготовки деловой древесины в эксплуатационных лесах Красноярского края от уровня

развития транспортной сети на территориях отмеченного лесного фонда. Представленные в таблице 3.1 данные приняты, исходя из регламентов лесничеств и указа губернатора Красноярского края от 2018 года [126, 215], а также Приложения А.

Таблица 3.1 – Объем выхода деловой древесины и общая характеристика лесничеств Красноярского края

Лесничества	Сплошные рубки			Общая площадь, га	Протяженность, км	Плотность дорог, км/тыс. га	Эксплуатационные леса, га	Плотность дорог, с учетом лесных дорог в эксплуатационных лесах, км/тыс. га
	Выход деловой тыс. м <sup>3</sup>	По хвойным, тыс. м <sup>3</sup>	По мягки м, тыс. м <sup>3</sup>					
Ирбейское	722,6	351,9	370,7	904916	834	0,9	415357	0,413
Каратузское	582	365	217	857 459	768	0,9	526042	0,552
Красноярское	66,3	35,9	30,4	196 286	827	4,2	29686	0,635
Боготольское	60	8,4	51,6	140385	373	2,7	39551	0,761
Назаровское	63,1	26,4	36,7	64154	90	1,4	35235	0,769
Курагинское	823	402,4	420,6	1 283 061	994	0,8	656648	0,409
Кизирское	453,4	297,8	155,6	1 001 930	1043	1	445259	0,444
Саянское	623	356	267	761 419	678	1,2	167887	0,265
Сухобузимское	390,8	183,2	207,6	253 878	377	1,5	190190	1,124
Емельяновское	305	161,4	143,6	472025	1320	4	210269	1,782
Идринское	404,7	203,9	200,8	308736	1901	2,4	232542	1,808
Маганское	307,6	129,5	178,1	191 355	899	4,7	78896	1,938
Новоселовское	260,14	130,24	129,9	136 148	412	3	91396	2,014
Козульское	368,9	217,8	151,1	462 395	1147	2,5	389955	2,108
Богучанское	391,5	220,3	171,2	288618	744	2,6	235407	2,121
Большемуртинское	343,7	167,6	176,1	535 333	1448	2,7	421133	2,124
Ужурское	188,3	91,9	96,4	118956	467	3,9	71458	2,343
Ачинское	221,2	106,6	114,6	197 740	757	3,8	131663	2,530
Абанское	296,6	118,2	178,4	422 827	1335	3,2	355153	2,688
Дзержинского	154,6	79,1	75,5	328 613	1079	3,3	272255	2,734
Манское	243,7	94,3	149,4	519444	2642	5,1	308299	3,027
Канское	166,2	86,2	80	236 300	1277	5,4	135003	3,085
Казачинское	239,1	126,1	113	488 042	1857	3,8	396344	3,086
Рыбинское	121,6	56	65,6	68425	1588	21,8	10080	3,211
Пойменское	93,5	47,3	46,2	225 675	956	4,2	191362	3,561
Балахтинское	450,6	232,2	218,4	244 266	3004	12,3	106530	5,364312
Пировское	584,8	283,1	301,7	498 628	8270	16,6	407563	13,56832
Иланское	149,6	69,4	80,2	263393	13796	52,4	208647	41,50871
Верхнеманское	323,3	152,2	171,1	477 369	13632	28,6	221365	13,26236
Даурское	421,3	192,5	228,8	417 785	13011	31,1	217270	16,17362
Манзенское	244,4	112,1	132,3	493 071	21125	42,8	411066	35,68173

Согласно расчетам ученых-исследователей [42, 93, 132, 168, 183 и др.] значения плотности лесных дорог для лесохозяйственных и лесоинженерных мероприятий можно считать условно достаточными, если они составляют 6–

15 км/тыс. га. Исходя из данных таблицы 3.1, в отмеченный интервал входит только Балахтинское лесничество, данное обстоятельство позволяет определить лесную дорожную сеть в рассматриваемом регионе, как слабо развитую. Определим наличие отмеченной выше взаимозависимости по первой группе лесничеств. На рисунке 3.1 приведена гистограмма, отражающая зависимость объемов выхода деловой древесины и уровня развития ТСЛФ.

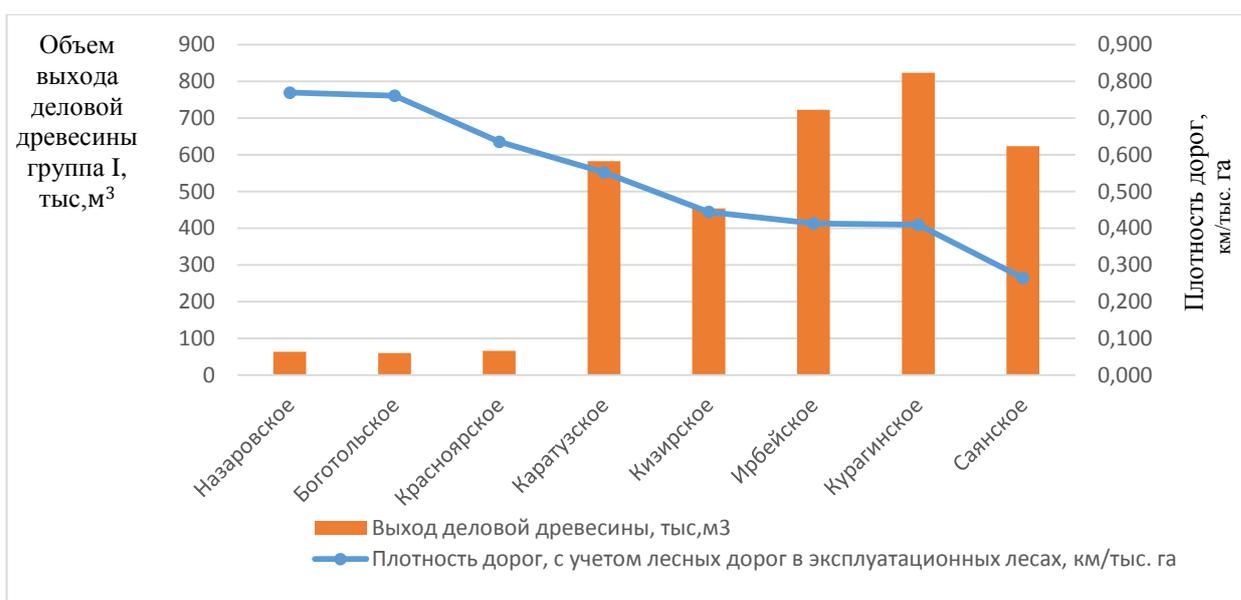


Рисунок 3.1 - Зависимость выхода деловой древесины от плотности транспортной сети для лесничеств группы I

Анализируя данные представленного на рисунке 3.1 графического материала, можно сделать вывод о существующей обратной зависимости отмеченных показателей. Чтобы подтвердить либо опровергнуть данное обстоятельство, необходимо произвести детальный анализ, построив поле корреляции определяемой взаимозависимости, согласно, значениям, формирующим ее показатели. Поле корреляции представляет собой совокупность точек результативного и факторного признаков в целях доказательства расчетным путем выдвинутой гипотезы (для генеральной совокупности) о том, что связь между всеми возможными значениями X

(плотности лесной дороги) и  $Y$  (выхода деловой древесины) носит экспоненциальный характер.

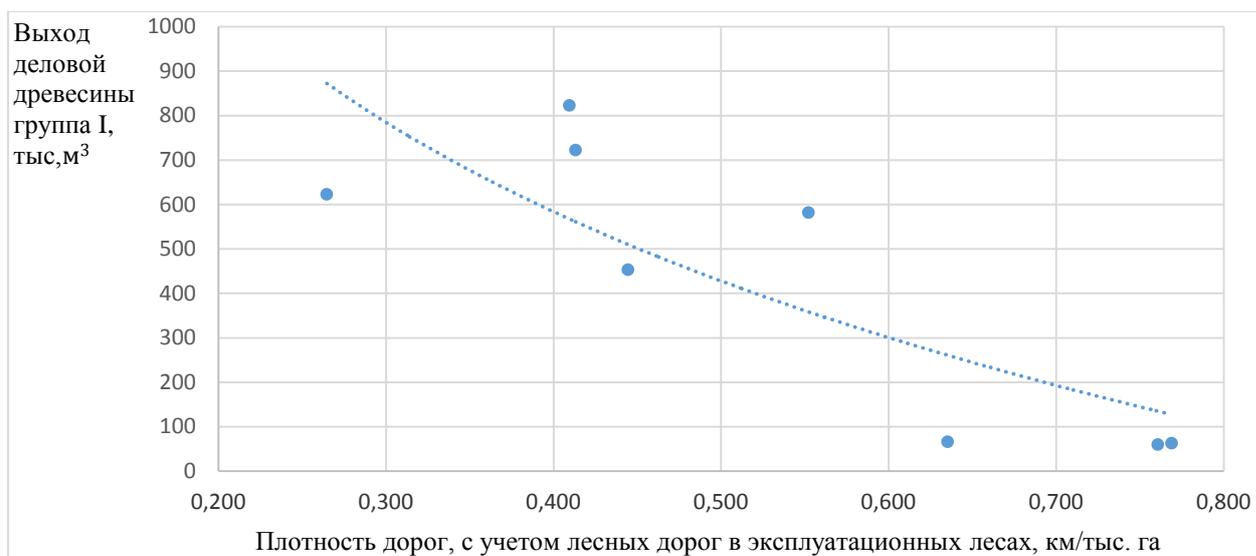


Рисунок 3.2. – Поле корреляции зависимости объемов выхода деловой древесины от плотности транспортной сети для лесничеств группы I

На представленном поле корреляции, характеризующим зависимость объемов выхода деловой древесины от уровня развития транспортной сети по лесничествам группы I (рисунок 3.2), наблюдаются отклонения от линии тренда. В целях определения степени влияния отмеченных отклонений на взаимозависимость показателей, необходимо составить уравнение регрессии и найти индекс корреляции. Данное уравнение будет построено путем логарифмической регрессии, поскольку в показателях корреляционного поля исключены нулевые значения. Расчет параметров регрессии приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы I)

$\ln(x)$	$y$	$\ln(x)^2$	$y^2$	$\ln(x)*y$
-0.2627	63.1	0.06899	3981.61	-16.5741
-0.2731	60	0.0746	3600	-16.3873
-0.4541	66.3	0.2062	4395.69	-30.1088
-0.5942	582	0.3531	338724	-345.8286
-0.8119	453.4	0.6592	205571.56	-368.1294
-0.8843	722.6	0.782	522150.76	-639.0007
-0.894	823	0.7993	677329	-735.795
-1.328	623	1.7637	388129	-827.3599
-5.5024	3393.4	4.7071	2143881.62	-2979.1839

Согласно расчетам параметров регрессии, представленным в таблице 3.2, система уравнений в целях нахождения эмпирических коэффициентов регрессии принимает вид:

$$\begin{cases} 8a - 5.502 \cdot b = 3393.4 \\ -5.502 \cdot a + 4.707 \cdot b = -2979.184 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты регрессии равны:  $b = -699.3896$ ,  
 $a = -56.8676$ . Уравнение регрессии определяется как:

$$y = -699.3896 \ln(x) - 56.8676$$

Исходя из выражения, согласно источникам [238-241], индекс корреляции, определяющий взаимозависимость показателя  $Y$  от показателя

$$X, \text{ в первой группе лесничеств составит: } R = \sqrt{1 - \frac{25324,89}{704486,18}} = 0,80$$

Полученная величина индекса корреляции свидетельствует о том, что фактор  $X$  существенно влияет на  $Y$ .

В целях настоящего исследования для детализации взаимозависимости обозначенных показателей необходимо рассмотреть зависимости по выходу деловой древесины хвойных и лиственных пород относительно плотности ТСЛФ.

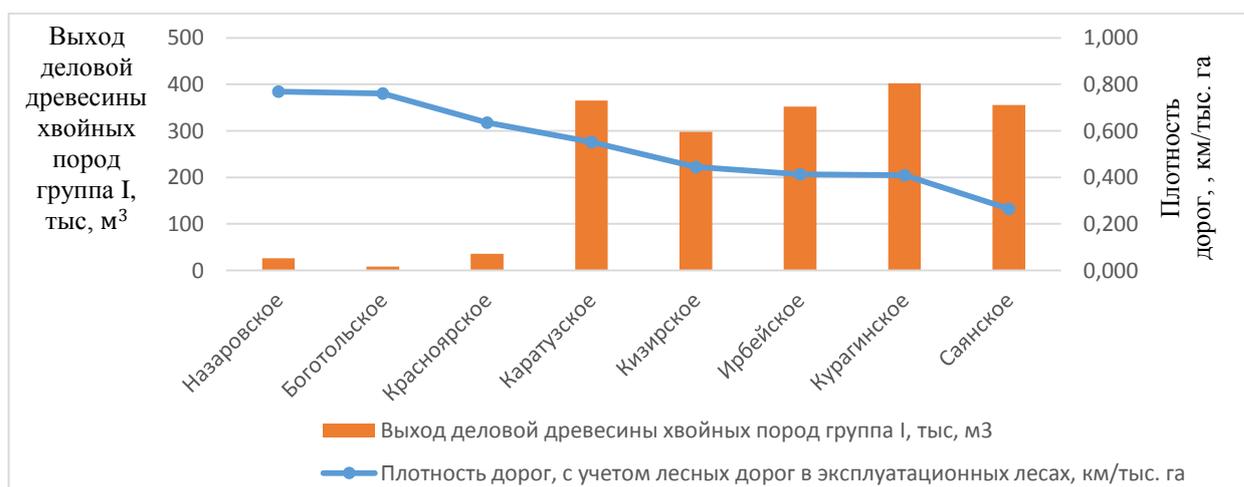


Рисунок 3.3. - Зависимость выхода деловой древесины хвойных пород от плотности транспортной сети для лесничеств группы I

Анализируя графический материал, представленный на рисунке 3.3, можно сделать вывод, что чем выше плотность транспортной сети, тем ниже

показатели выхода деловой древесины, следовательно, зависимость обозначенных параметров существует и является обратной. В целях расчетного подтверждения приведенного заключения необходимо произвести детальный анализ данной зависимости, построив ее поле корреляции рисунок 3.4.

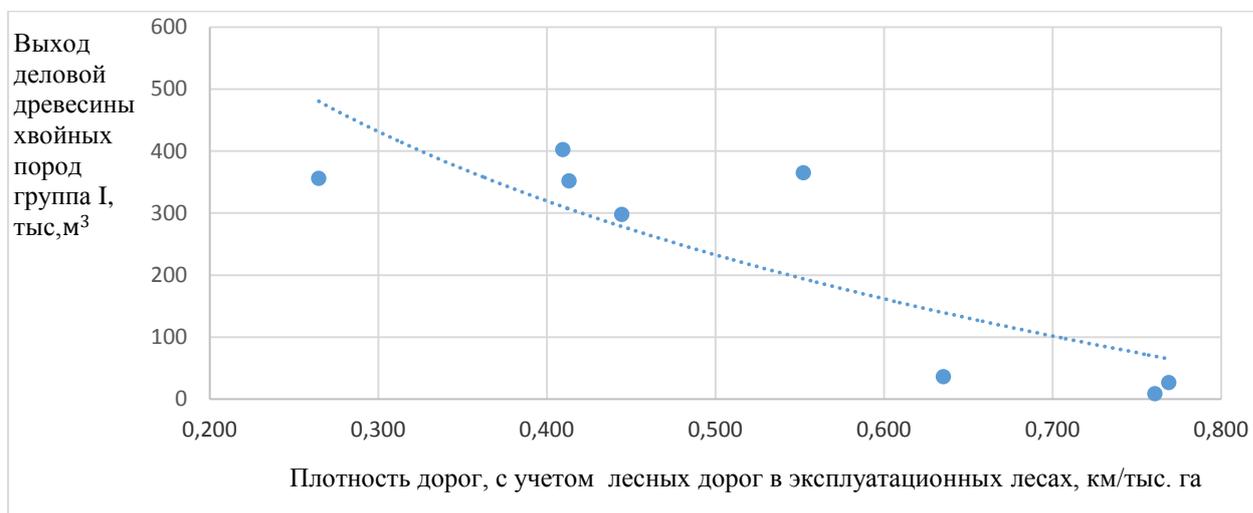


Рисунок 3.4. – Поле корреляции зависимости выхода деловой древесины хвойных пород от плотности транспортной сети для лесничеств группы I

Также как и в предыдущем аналитическом исследовании, построенная линия тренда показывает обратно-пропорциональную зависимость. В целях определения зависимости друг от друга рассматриваемых параметров необходимо составить уравнение регрессии и посредством его рассчитать коэффициент корреляции. Обозначенные расчеты сведены в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы I)

$\ln(x)$	$y$	$\ln(x)^2$	$y^2$	$\ln(x)*y$
-0.2627	26.4	0.06899	696.96	-6.9343
-0.2731	8.4	0.0746	70.56	-2.2942
-0.4541	35.9	0.2062	1288.81	-16.3033
-0.5942	365	0.3531	133225	-216.8856
-0.8119	297.8	0.6592	88684.84	-241.793
-0.8843	351.9	0.782	123833.61	-311.1879
-0.894	402.4	0.7993	161925.76	-359.7617
-1.328	356	1.7637	126736	-472.7771
-5.5024	1843.8	4.7071	636461.54	-1627.9371

Расчет параметров регрессии произведен посредством представленной ниже системы уравнений:

$$\begin{cases} 8a - 5.502 \cdot b = 1843.8 \\ -5.502 \cdot a + 4.707 \cdot b = -1627.937 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты данной регрессии равны:  $b = -389.9864$ ,  $a = -37.759$ . Таким образом, уравнение логарифмической регрессии для первой группы лесничеств примет вид:  $y = -389.9864 \ln(x) - 37.759$

Расчетное значение индекса корреляции составит:  $R = \sqrt{1 - \frac{71208,23}{211511,74}} =$

0,814. Достаточно высокая отметка величины индекса корреляционной взаимосвязи свидетельствует о том, что показатель плотности лесных дорог существенно влияет на выход деловой древесины хвойных пород. Следующим шагом детального анализа является расчет зависимости выхода деловой древесины лиственных пород для первой группы лесничеств и плотности ТСЛФ с учетом лесных дорог на территориях, занятых эксплуатационными лесами. Для наибольшей наглядности вывода утверждений и производства детального анализа, данные статистического учета, представлены посредством гистограммы (рисунок 3.5).

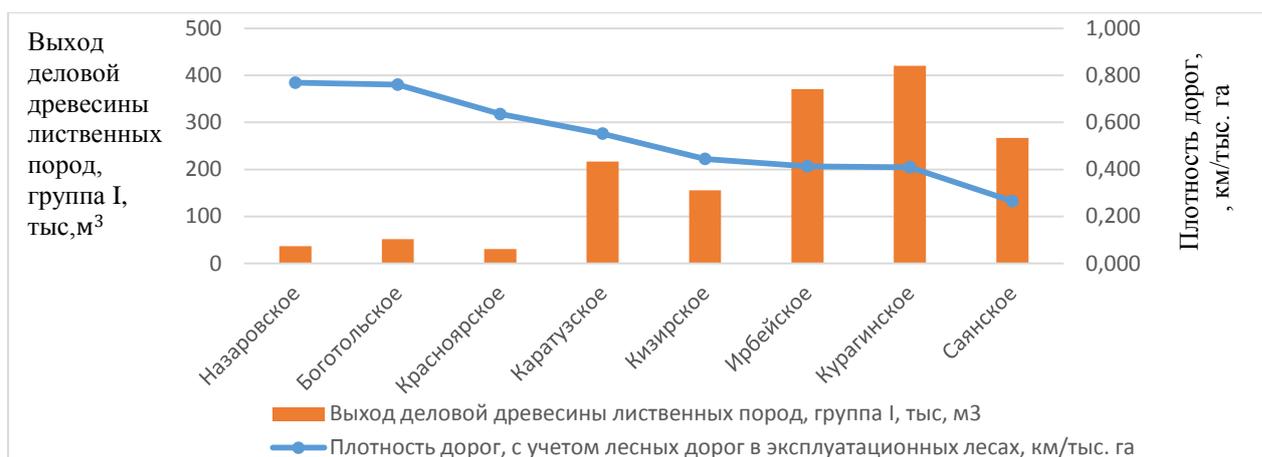


Рисунок 3.5. - Зависимость объемов выхода деловой древесины лиственных пород от плотности транспортной сети для лесничеств группы I

Представленный выше графический материал, позволяет сделать вывод о наличии обратно-пропорциональной зависимости между исследуемыми показателями. Чтобы подтвердить данное утверждение расчетным путем, необходимо произвести детальный анализ обозначенной зависимости, построив поле корреляции согласно статистическим данным по обозначенной группе лесничеств (рисунок 3.6).

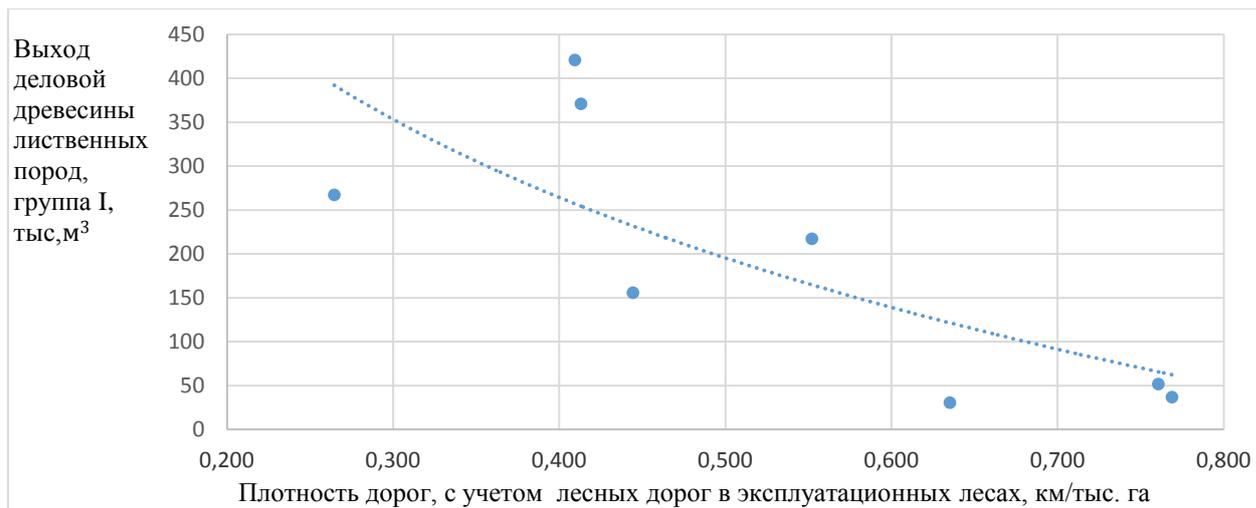


Рисунок 3.6. – Поле корреляции зависимости выхода деловой древесины лиственных пород от плотности транспортной сети в лесничествах группы I

Линия тренда показывает обратно-пропорциональную зависимость. В целях определения взаимосвязи между рассматриваемыми показателями, необходимо составить уравнение регрессии и рассчитать коэффициент корреляции. Расчет параметров данной регрессии приведен в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы I)

$\ln(x)$	$y$	$\ln(x)^2$	$y^2$	$\ln(x)*y$
-0.2627	36.7	0.06899	1346.89	-9.6398
-0.2731	51.6	0.0746	2662.56	-14.0931
-0.4541	30.4	0.2062	924.16	-13.8056
-0.5942	217	0.3531	47089	-128.943
-0.8119	155.6	0.6592	24211.36	-126.3364
-0.8843	370.7	0.782	137418.49	-327.8129
-0.894	420.6	0.7993	176904.36	-376.0333
-1.328	267	1.7637	71289	-354.5828
-5.5024	1549.6	4.7071	461845.82	-1351.2468

Для данных, представленных в таблице 3.4. система уравнений в целях нахождения эмпирических коэффициентов примет вид:

$$\begin{cases} 8a - 5.502 \cdot b = 1549.6 \\ -5.502 \cdot a + 4.707 \cdot b = -1351.247 \end{cases}$$

Согласно произведенным расчетам, получены следующие коэффициенты регрессии:  $b = -309.4032$ ,  $a = -19.1086$ . Таким образом, уравнение логарифмической регрессии выглядит следующим образом:  $y = -309.4032 \ln(x) - 19.1086$ . Величина индекса корреляции составит:

$$R = \sqrt{1 - \frac{73376,44}{161688,3}} = 0,739.$$

Таким образом, полученная величина индекса корреляции свидетельствует о том, что показатель плотности лесных дорог существенно влияет на объем выхода деловой древесины как хвойных, так и лиственных пород в лесничествах первой группы. Для более глубокого анализа влияния ТСЛФ на обозначенный показатель необходимо провести аналогичный эксперимент по второй группе лесничеств. На рисунке 3.7 приведена гистограмма зависимости объема выхода деловой древесины от уровня развития ТСЛФ.

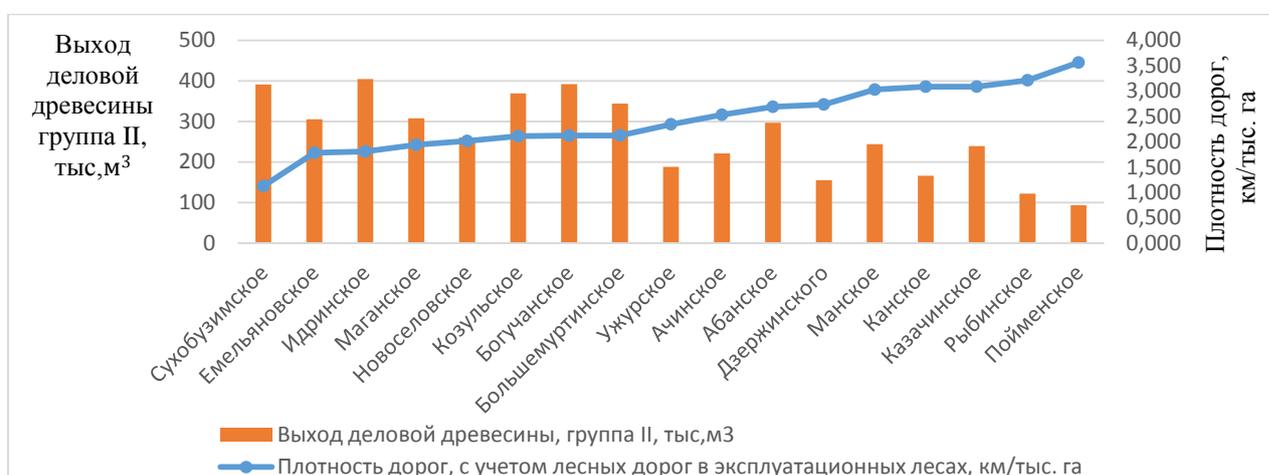


Рисунок 3.7 - Зависимость объемов выхода деловой древесины

лиственных пород от плотности транспортной сети в лесничествах группы II

Анализ представленного выше графического материала позволяет сделать вывод о наличии обратно-пропорциональной зависимости между исследуемыми параметрами, аналогично исследованию, произведенному по первой группе лесничеств. Чтобы подтвердить данное обстоятельство

расчетным путем, необходимо производство детального анализа данной зависимости, построив ее поле корреляции (рисунок 3.8).

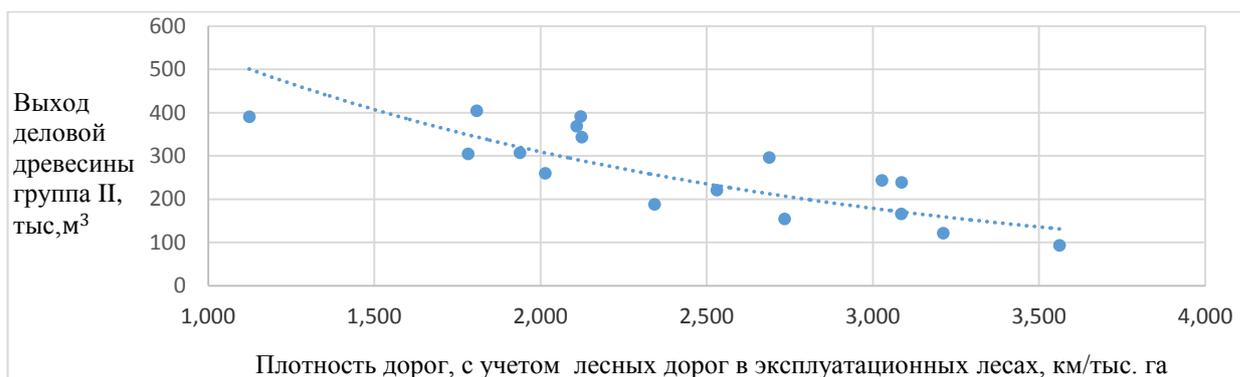


Рисунок 3.8 – Поле корреляции зависимости объема выхода деловой древесины от плотности транспортной сети в лесничествах группы II

Согласно результатам предыдущего исследования построенная линия тренда также подтверждает выдвинутую гипотезу о взаимозависимости плотности лесных дорог и выхода деловой древесины, показывая обратно-пропорциональную зависимость между обозначенными параметрами. В целях определения степени зависимости друг от друга рассматриваемых показателей, необходимо составить уравнение регрессии в целях расчета коэффициента корреляции, определяющего степень взаимосвязи данных показателей. Расчеты сведены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы II)

$\ln(x)$	$y$	$\ln(x)^2$	$y^2$	$\ln(x)*y$
0.1169	390.8	0.01366	152724.64	45.6821
0.5777	305	0.3338	93025	176.2096
0.5922	404.7	0.3507	163782.09	239.6719
0.6617	307.6	0.4378	94617.76	203.5255
0.7001	260.14	0.4902	67672.8196	182.1299
0.7457	368.9	0.5561	136087.21	275.1033
0.7519	391.5	0.5653	153272.25	294.364
0.7533	343.7	0.5675	118129.69	258.9096
0.8514	188.3	0.7249	35456.89	160.3247
0.9282	221.2	0.8616	48929.44	205.3221
0.9888	296.6	0.9777	87971.56	293.2773
1.0058	154.6	1.0116	23901.16	155.4914
1.1076	243.7	1.2267	59389.69	269.9153
1.1266	166.2	1.2691	27622.44	187.2329
1.1269	239.1	1.2698	57168.81	269.436
1.1666	121.6	1.3609	14786.56	141.8564
1.27	93.5	1.613	8742.25	118.7489
14.4714	4497.14	13.6305	1343280.2596	3477.201

Расчет эмпирических коэффициентов регрессии произведен посредством составления следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} 17a + 14.471 \cdot b = 4497.14 \\ 14.471 \cdot a + 13.63 \cdot b = 3477.201 \end{cases}$$

Согласно расчетам, получены коэффициенты регрессии:  $b = -267.6397$ ,  $a = 492.3683$ . Таким образом, уравнение логарифмической регрессии выглядит следующим образом:  $y = -267.6397 \ln(x) + 492.3683$

Исходя из предыдущих расчетов, определено значение индекса корреляции, составляющее:  $R = \sqrt{1 - \frac{59668,31}{153617,43}} = 0,782$

Полученное значение индекса корреляции свидетельствует о том, что уровень развития ТСЛФ действительно оказывает существенное влияние на продуктивность территорий рассматриваемых лесничеств.

В ходе настоящего исследования, в целях подтверждения тесной взаимосвязи между продуктивностью территорий лесного фонда и уровнем развития лесотранспортной сети, необходимо произвести более детальный корреляционно-регрессионный анализ, определяющий взаимосвязь между объемом выхода деловой древесины (по хвойным и лиственным породам) в лесничествах второй группы и уровнем развития ТСЛФ. В соответствии с обозначенной целью, рассмотрим гистограмму данной зависимости (рисунок 3.9).

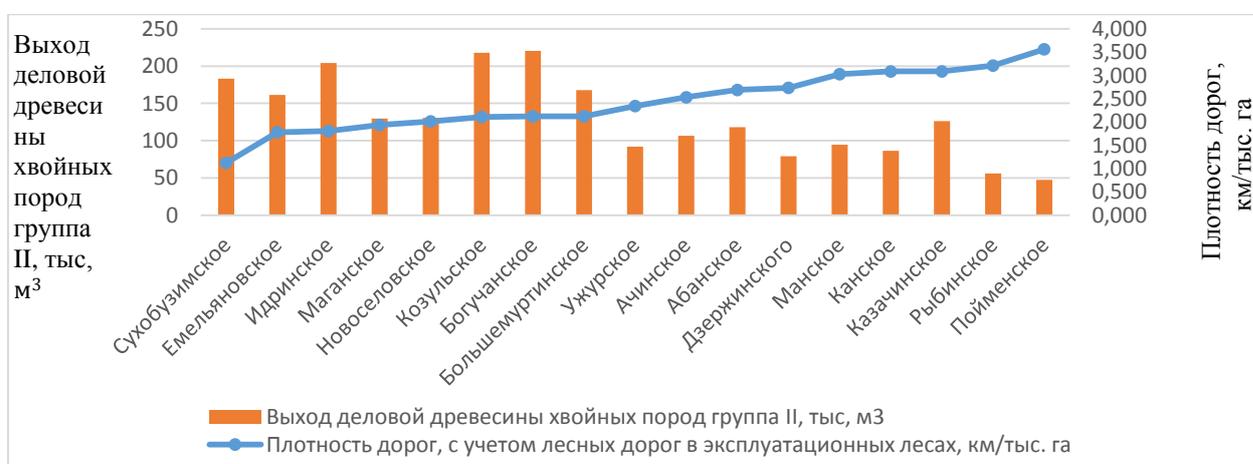


Рисунок 3.9 - Зависимость объемов выхода деловой древесины хвойных пород от плотности транспортной сети лесничеств группы II

Согласно рисунку 3.9 также отмечается обратно-пропорциональная зависимость рассматриваемых показателей. Следует отметить, что на величину показателя объема выхода деловой древесины оказывает влияние площадь лесничества, например площадь Козульского лесничества составляет 462 395 га, а Маганского 191 355 га при практически равной плотности лесных дорог. Также на обозначенный показатель оказывает влияние величина запаса древесины на корню и объем заготавливаемой древесины хвойных пород, приходящейся на 1 га. Например, в Идринском лесничестве на 1 га приходится 203,9 тыс. м<sup>3</sup>, а в Богучанском 220,3 тыс. м<sup>3</sup>. Данные обстоятельства обуславливают колебания показателя в объемах выхода деловой древесины в целом и объеме выхода деловой древесины хвойных пород в частности в формате гистограммы, приведенной на рисунке 3.9.

Поле корреляции взаимосвязи отмеченных показателей представлено на рисунке 3.10.

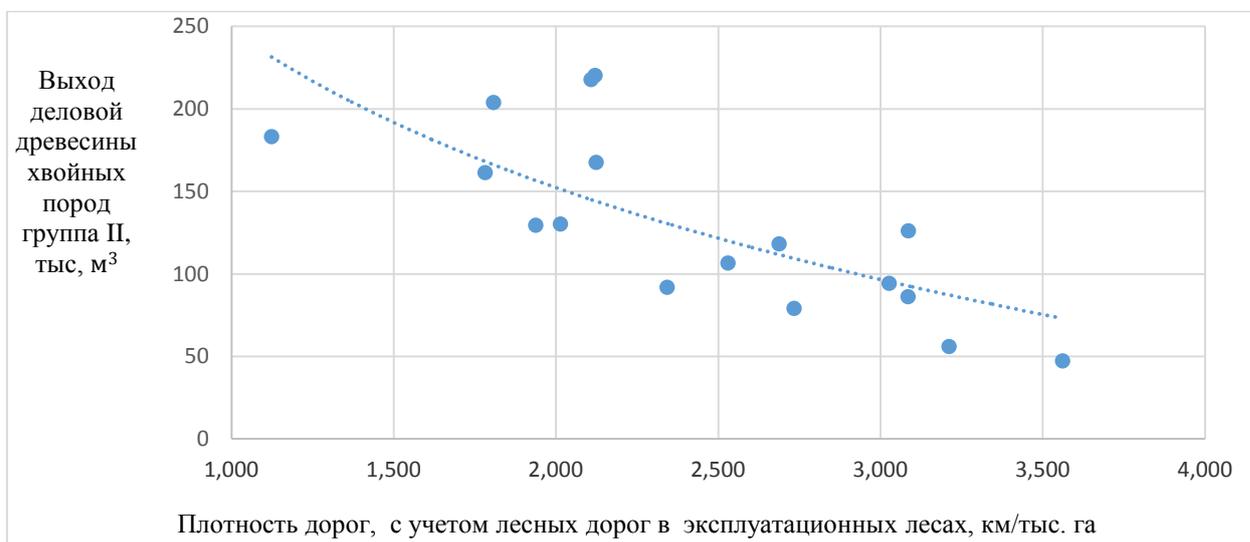


Рисунок 3.10 – Поле корреляции зависимости объемов выхода хвойной деловой древесины от плотности транспортной сети в лесничествах группы II

Аналогично предыдущему исследованию, построенная линия тренда показывает, обратно-пропорциональную зависимость. В целях определения зависимости друг от друга рассматриваемых параметров необходимо

составить уравнение регрессии и посредством его рассчитать индекс корреляции. Расчеты параметров регрессии приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы II)

ln(x)	y	ln(x) <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	ln(x)*y
0.1169	183.2	0.01366	33562.24	21.4149
0.5777	161.4	0.3338	26049.96	93.2466
0.5922	203.9	0.3507	41575.21	120.7539
0.6617	129.5	0.4378	16770.25	85.6845
0.7001	130.24	0.4902	16962.4576	91.184
0.7457	217.8	0.5561	47436.84	162.4221
0.7519	220.3	0.5653	48532.09	165.6409
0.7533	167.6	0.5675	28089.76	126.2533
0.8514	91.9	0.7249	8445.61	78.2466
0.9282	106.6	0.8616	11363.56	98.9482
0.9888	118.2	0.9777	13971.24	116.8759
1.0058	79.1	1.0116	6256.81	79.5561
1.1076	94.3	1.2267	8892.49	104.444
1.1266	86.2	1.2691	7430.44	97.1088
1.1269	126.1	1.2698	15901.21	142.099
1.1666	56	1.3609	3136	65.3286
1.27	47.3	1.613	2237.29	60.073
14.4714	2219.64	13.6305	336613.4576	1709.2803

Для представленных в таблице 3.6 параметров регрессии система уравнений для определения эмпирических коэффициентов выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} 17a + 14.471 \cdot b = 2219.64 \\ 14.471 \cdot a + 13.63 \cdot b = 1709.28 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты регрессии равны:  $b = -137.3982$ ,  $a = 247.5285$ . Учитывая расчетные значения, уравнение логарифмической регрессии выглядит следующим образом:  $y = -137.3982 \ln(x) + 247.5285$ . Значение индекса корреляции составит:  $R = \sqrt{1 - \frac{22041,42}{46801,59}} = 0,727$

Полученная величина индекса корреляции свидетельствует о том, что показатель плотности лесных дорог существенно влияет на показатель объема выхода деловой древесины хвойных пород по лесничествам, определенных нами, как лесничества второй группы. Расчет сопряжения уровня развития лесных дорожных сетей и выхода лиственных пород

производится аналогично предыдущим расчетам. Гистограмма сводных статистических данных представлена рисунком 3.11.

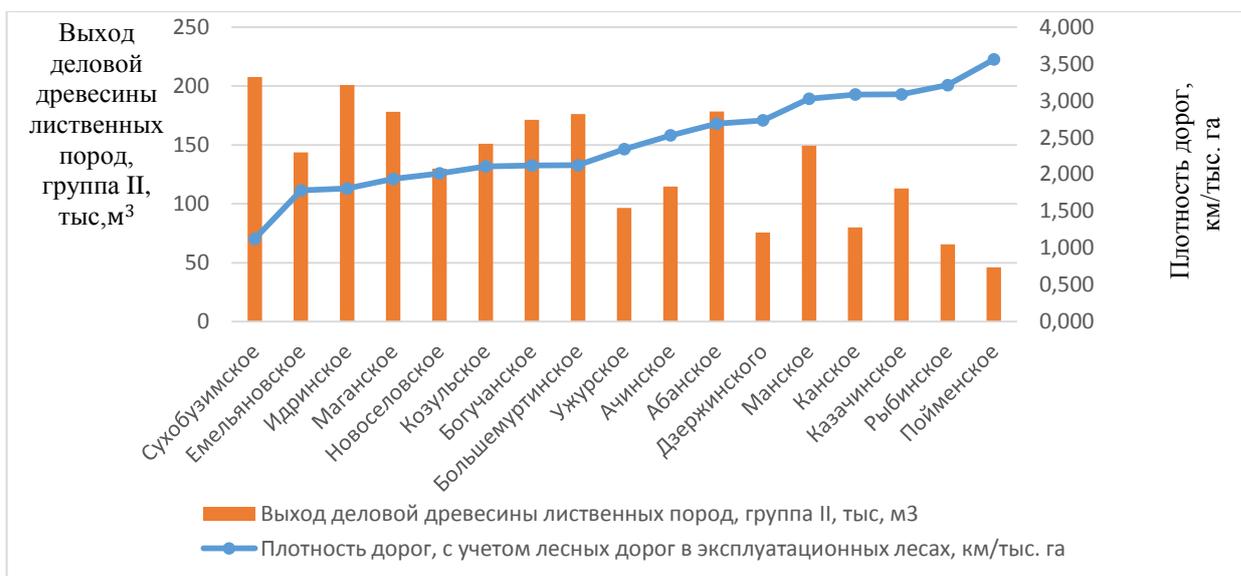


Рисунок 3.11 - Зависимость объемов выхода деловой древесины лиственных пород от плотности транспортной сети в лесничествах группы II

Посредством анализа графического материала, представленного на рисунке 3.11, можно заключить, что Абанское, Новоселовское и Манское лесничества выбиваются из общей гипотезы, определяющей целевую направленность исследования. Данное обстоятельство обусловлено отношением площади Новоселовского лесничества к Манскому и Абанскому, обозначенное отношение отмеченных площадей можно определить как отношение 1/3 при приблизительно равном объеме выхода деловой древесины. Также стоит отметить, что в Манском и Абанском лесничествах дорожная сеть развита более чем в 1,5 раза по отношению к Новоселовскому. Очевидно, что в Новоселовском лесничестве имеется большой запас деловой древесины в эксплуатационных лесах, что позволяет заготавливать объем, равный объемам при собирательном характере заготовки в Манском и Абанском лесничествах, имеющих более развитую дорожную сеть, но меньший запас деловой древесины на корню. Отмеченное обстоятельство подтверждает наличие обратно-пропорциональной

взаимосвязи между исследуемыми показателями. Поле корреляции обозначенной взаимосвязи представлено рисунком 3.12.

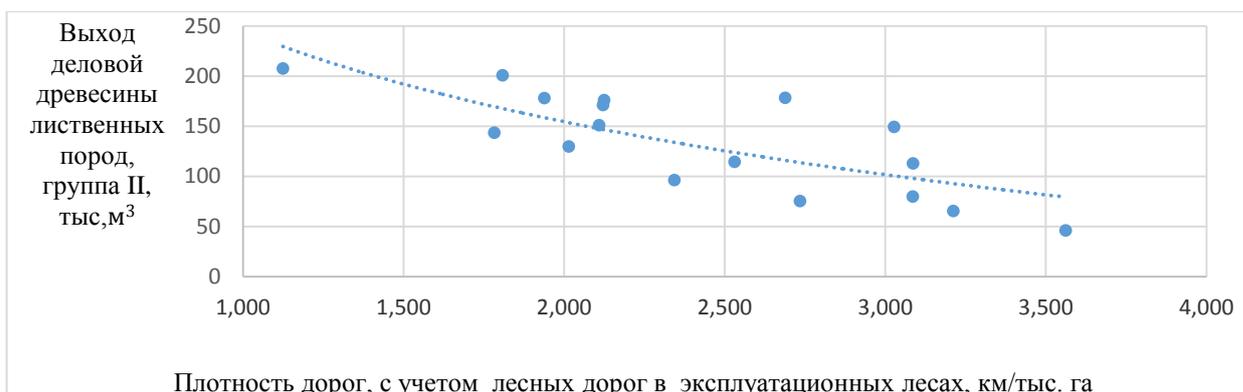


Рисунок 3.12 – Поле корреляции зависимости объемов выхода лиственной деловой древесины от плотности транспортной сети в лесничествах группы II

В ходе настоящего исследования, построенная линия тренда доказывает наличие обратно-пропорциональной зависимости. В целях определения зависимости друг от друга рассматриваемых параметров необходимо составить уравнение регрессии и посредством его рассчитать значение индекса корреляции.

Таблица 3.7 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы II)

$\ln(x)$	$y$	$\ln(x)^2$	$y^2$	$\ln(x)*y$
0.1169	207.6	0.01366	43097.76	24.2671
0.5777	143.6	0.3338	20620.96	82.9629
0.5922	200.8	0.3507	40320.64	118.918
0.6617	178.1	0.4378	31719.61	117.841
0.7001	129.9	0.4902	16874.01	90.946
0.7457	151.1	0.5561	22831.21	112.6813
0.7519	171.2	0.5653	29309.44	128.7232
0.7533	176.1	0.5675	31011.21	132.6563
0.8514	96.4	0.7249	9292.96	82.0781
0.9282	114.6	0.8616	13133.16	106.3739
0.9888	178.4	0.9777	31826.56	176.4015
1.0058	75.5	1.0116	5700.25	75.9353
1.1076	149.4	1.2267	22320.36	165.4713
1.1266	80	1.2691	6400	90.1241
1.1269	113	1.2698	12769	127.337
1.1666	65.6	1.3609	4303.36	76.5278
1.27	46.2	1.613	2134.44	58.6759
14.4714	2277.5	13.6305	343664.93	1767.9207

Для полученных в таблице 3.7 данных, система уравнений в целях поиска значений эмпирических коэффициентов регрессии имеет вид:

$$\begin{cases} 17a + 14.471 \cdot b = 2277.5 \\ 14.471 \cdot a + 13.63 \cdot b = 1767.921 \end{cases}$$

Посредством расчета приведенной системы уравнений, получены эмпирические коэффициенты регрессии:

$$b = -130.2415, a = 244.8398$$

Согласно расчетным значениям коэффициентов, эмпирическое уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$y = -130.2415 \ln(x) + 244.8398$$

Расчетное значение индекса корреляции составит:

$$R = \sqrt{1 - \frac{16298,94}{38546,92}} = 0,76$$

Полученная величина индекса корреляции свидетельствует о том, что показатель плотности лесных дорог существенно влияет на объем выхода деловой древесины как хвойных, так и лиственных пород по лесничествам второй группы. Несущественное отклонение в величине индекса корреляции 0,033 в сторону сопряжения ТСЛФ с объемом выхода деловой древесины лиственных пород обусловлено преимущественным распространением смешанных лесов на территории региона с небольшим преобладанием лиственных пород.

Рассмотрим отмеченную взаимосвязь по третьей группе лесничеств, сводные статистические данные представлены гистограммой (рисунок 3.13). Согласно представленным данным четко прослеживается обратная зависимость, обусловленная снижением объема заготовки с ростом плотности транспортных сетей.

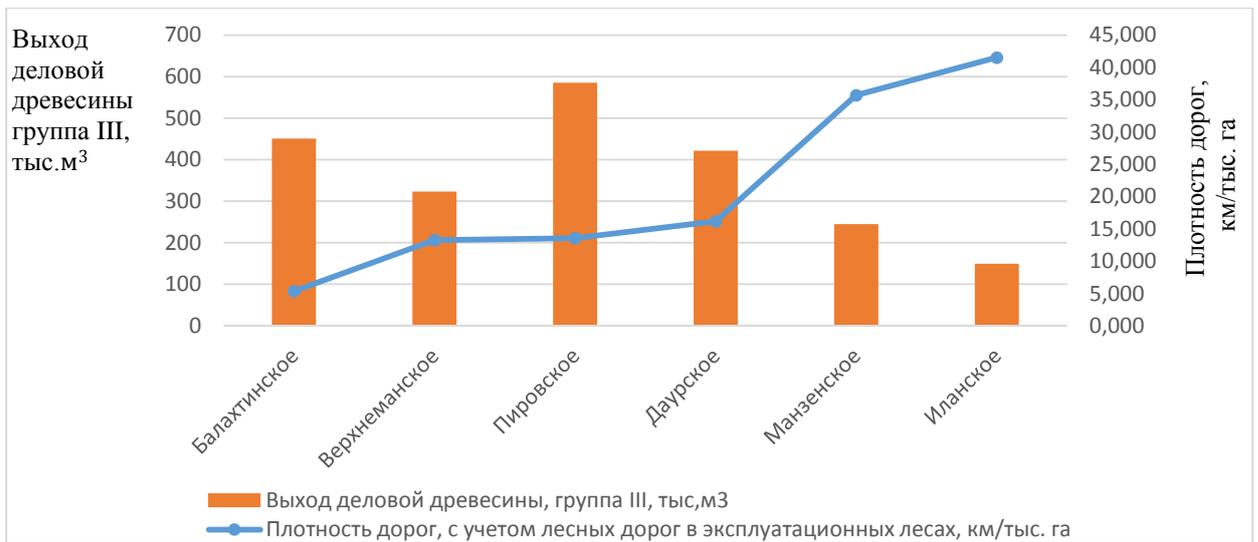


Рисунок 3.13 - Зависимость объемов выхода деловой древесины пород от плотности транспортной сети в лесничествах группы III

В целях настоящего исследования необходимо произвести корреляционно-регрессионный анализ приведенной зависимости, путем построения поля корреляции, решения уравнения регрессии и нахождения индекса, определяющего степень взаимозависимости параметров (рисунок 3.14).

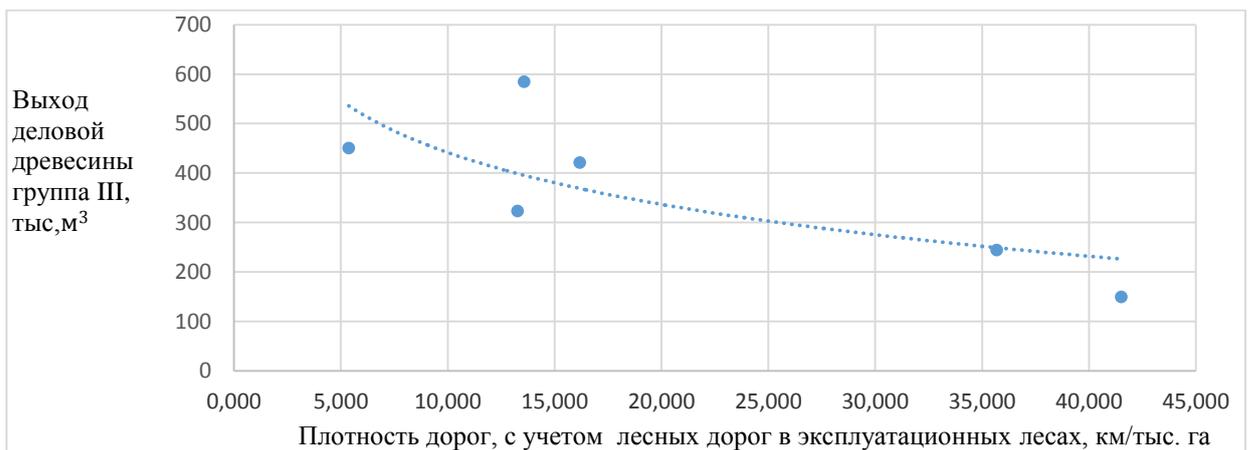


Рисунок 3.14 – Поле корреляции зависимости объемов выхода деловой древесины от плотности транспортной сети в лесничествах группы III

Аналогично предыдущему исследованию, построенная линия тренда доказывает, обратно-пропорциональную зависимость. В целях определения взаимозависимости друг от друга рассматриваемых параметров необходимо составить уравнение регрессии и посредством его рассчитать коэффициент корреляции. Данные для расчета параметров регрессии приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы III)

$\ln(x)$	$y$	$\ln(x)^2$	$y^2$	$\ln(x) \cdot y$
1.6797	450.6	2.8214	203040.36	756.8773
2.5849	323.3	6.6817	104522.89	835.6991
2.6077	584.8	6.8002	341991.04	1524.9912
2.7834	421.3	7.7473	177493.69	1172.6485
3.5746	244.4	12.7781	59731.36	873.6436
3.7259	149.6	13.8824	22380.16	557.3962
16.9563	2174	50.7112	909159.5	5721.2559

Для данных таблицы 3.8 система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} 6a + 16.956 \cdot b = 2174 \\ 16.956 \cdot a + 50.711 \cdot b = 5721.256 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты регрессии равны:  $b = -151.3577$ ,  $a = 790.0774$ . Уравнение регрессии (эмпирическое уравнение регрессии) представляет собой:  $y = -151.3577 \ln(x) + 790.0774$

Индекс корреляции равен:

$$R = \sqrt{1 - \frac{57487,22}{121446,83}} = 0,726$$

Полученная величина индекса корреляционной связи свидетельствует о том, что рассматриваемые факторы взаимозависимы. Далее в целях выявления степени влияния друг на друга исследуемых показателей произведем детальный анализ в рамках сцепления показателей плотности лесной дорожной сети и объема выхода деловой древесины хвойных и лиственных пород.

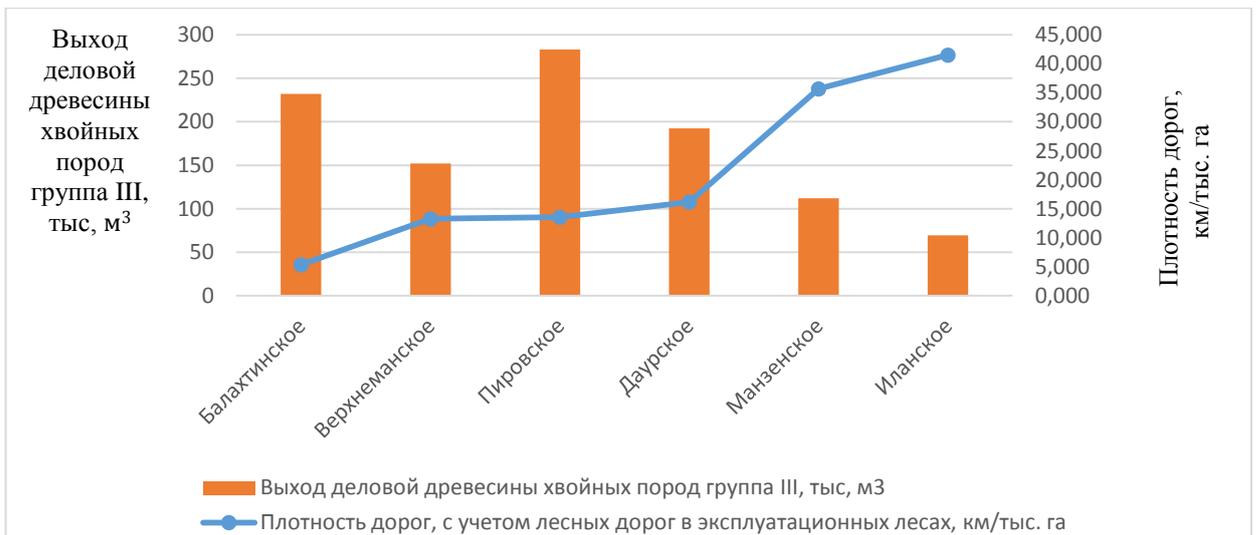


Рисунок 3.15 - Зависимость объемов выхода деловой древесины хвойных пород от плотности транспортной сети в лесничествах группы III

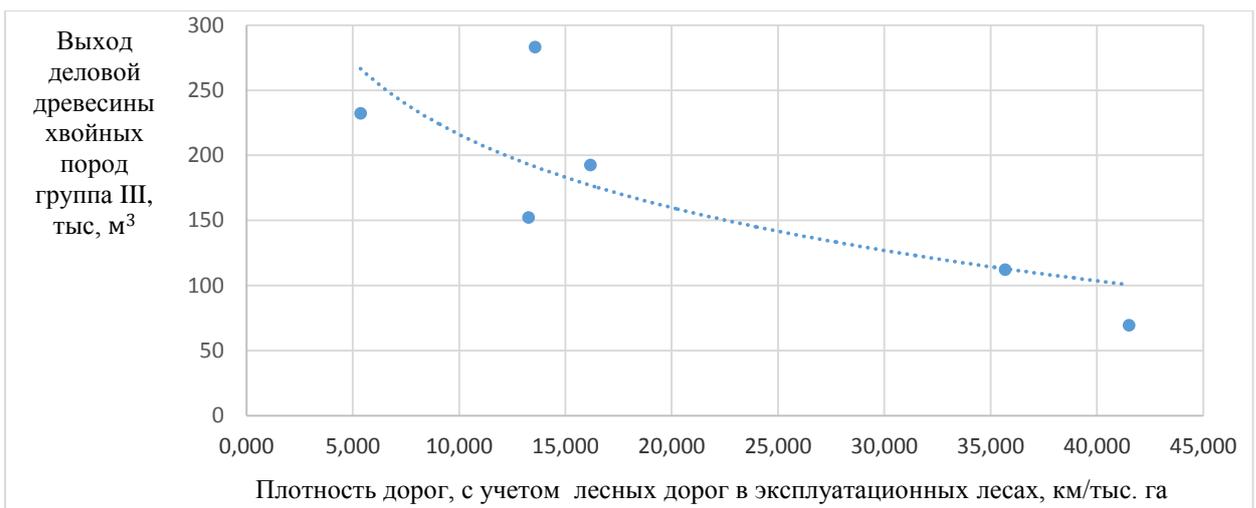


Рисунок 3.16 – Поле корреляции зависимости объемов выхода хвойной деловой древесины от плотности транспортной сети в лесничествах группы III

Аналогично предыдущему исследованию, построенная линия тренда показывает, обратно-пропорциональную зависимость. В целях определения взаимозависимости друг от друга рассматриваемых параметров необходимо составить уравнение регрессии и посредством него рассчитать коэффициент корреляции. Расчет параметров регрессии выполнен в виде таблицы 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы III)

$\ln(x)$	$y$	$\ln(x)^2$	$y^2$	$\ln(x) \cdot y$
1.6797	232.2	2.8214	53916.84	390.0287
2.5849	152.2	6.6817	23164.84	393.4222
2.6077	283.1	6.8002	80145.61	738.2439
2.7834	192.5	7.7473	37056.25	535.8055
3.5746	112.1	12.7781	12566.41	400.7179
3.7259	69.4	13.8824	4816.36	258.5782
16.9563	1041.5	50.7112	211666.31	2716.7962

Для данных таблицы 3.9 система уравнений принимает вид:

$$\begin{cases} 6a + 16.956 \cdot b = 1041.5 \\ 16.956 \cdot a + 50.711 \cdot b = 2716.796 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты регрессии равны:  $b = -81.1399$ ,  $a = 402.8885$ . Уравнение регрессии (эмпирическое уравнение регрессии):

$$y = -81.1399 \ln(x) + 402.8885$$

Индекс корреляции равен:

$$R = \sqrt{1 - \frac{12498,42}{30879,27}} = 0,772$$

Полученная величина свидетельствует о высоком влиянии друг на друга исследуемых показателей.

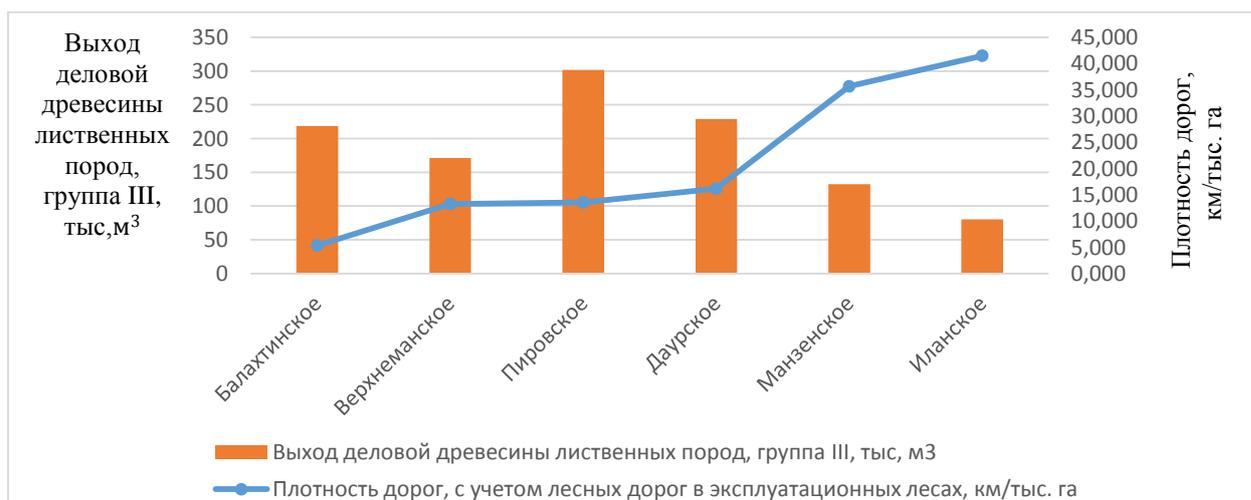


Рисунок 3.17 – Зависимость объемов выхода деловой древесины лиственных пород от плотности транспортной сети в лесничествах группы III

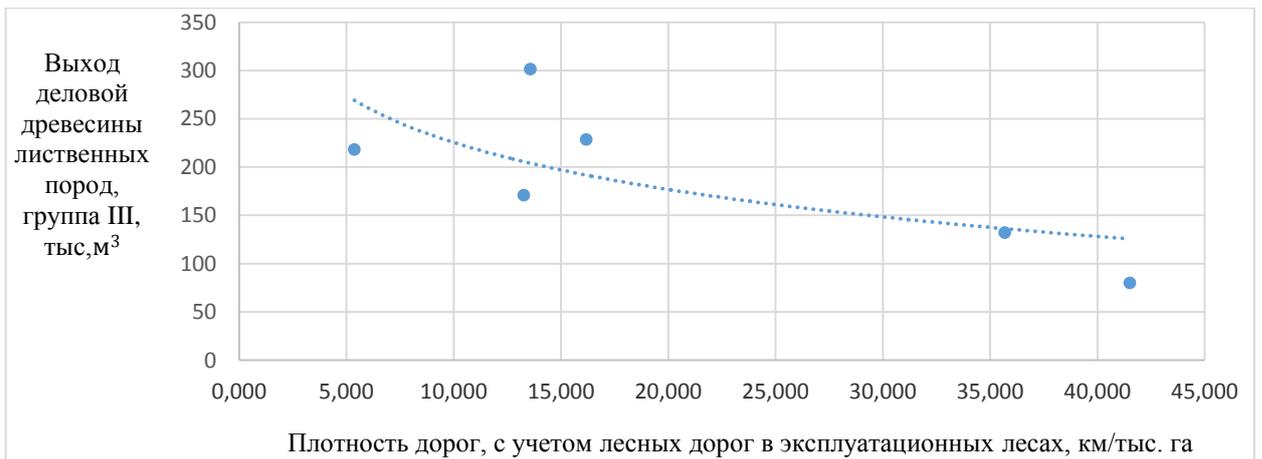


Рисунок 3.18 – Поле корреляции зависимости объемов выхода лиственной деловой древесины от плотности транспортной сети в лесничествах группы III

Аналогично предыдущему исследованию, построенная линия тренда доказывает, обратно-пропорциональную зависимость. В целях определения взаимозависимости друг от друга рассматриваемых параметров необходимо составить уравнение регрессии и посредством его рассчитать коэффициент корреляционной взаимосвязи.

Таблица 3.10 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы III)

x	ln(y)	x <sup>2</sup>	ln(y) <sup>2</sup>	x*ln(y)
5.364	5.3863	28.7725	29.0125	28.8923
13.262	5.1422	175.8806	26.4427	68.1965
13.568	5.7094	184.0906	32.5976	77.4656
16.174	5.4328	261.5983	29.5158	87.8709
35.682	4.8851	1273.2051	23.8639	174.3091
41.509	4.3845	1722.9971	19.224	181.9972
125.559	30.9405	3646.5442	160.6567	618.7316

Для данных таблицы 3.10 система уравнений нахождения эмпирических коэффициентов регрессии принимает вид:

$$\begin{cases} 6a + 125.559 \cdot b = 30.94 \\ 125.559 \cdot a + 3646.544 \cdot b = 618.732 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты регрессии приобретают следующие значения:  $b = -0.02821$ ,  $a = 5.747$

Уравнение регрессии (эмпирическое уравнение регрессии) имеет вид:

$$y = e^{5.7470149159684} e^{-0.02821x} = 313.25417 e^{-0.02821x}$$

Значение индекса корреляции равно:  $R = \sqrt{1 - \frac{16687,291}{30522,06}} = 0,739$

Полученная величина индекса корреляционной взаимосвязи исследуемых параметров свидетельствует о существенном влиянии плотности лесных дорог на объемы выхода деловой древесины хвойных и лиственных пород. Несущественное отклонение в величине индекса корреляции 0,033 в сторону сопряжения уровня развития ТСЛФ с объемом выходом деловой древесины хвойных пород обусловлено преимущественным распространением смешанных лесов на территории региона с небольшим преобладанием хвойных пород в лесничествах данной группы.

В заключение подраздела следует отметить, что выявление взаимозависимости между параметрами ТСЛФ и продуктивностью лесных территорий должно осуществляться с учётом критерия комплексной эффективности лесопользования. Поэтому, в целях соблюдения принципа комплексности, кроме определения взаимосвязи между уровнем развития транспортной сети и главным использованием лесами следует рассчитать и проанализировать степень влияния друг на друга параметров ТСЛФ и объема разрешенного (побочного) лесопользования.

### 3.2.2 Определение зависимости объема реализации разрешенного (побочного) лесопользования от уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда

Для экспериментального подтверждения выдвигаемой гипотезы, о зависимости продуктивности лесных территорий от уровня развития транспортной сети в рамках комплексного подхода к лесопользованию, необходимо произвести корреляционно-регрессионный анализ влияния

уровня развития ТСЛФ на объем реализации разрешенного (побочного) лесопользования в лесничествах Красноярского края. Данные для производства расчетно-вычислительного эксперимента приняты, согласно, регламентам лесничеств за 2018 года (таблица 3.11) и Приложения А.

К рассматриваемым в настоящем исследовании побочным видам лесопользования относятся следующие: заготовка пищевых лесных ресурсов, сбор лекарственных растений; осуществление видов деятельности в сфере охотничьего хозяйства; строительство и эксплуатация водохранилищ и иных искусственных водных объектов, а также гидротехнических сооружений, речных портов, причалов; заготовка и сбор недревесных лесных ресурсов; заготовка живицы.

Таблица 3.11 – Объем реализации разрешенного лесопользования и общие характеристики лесничеств Красноярского края

Лесничество	Общая площадь, га	Протяженность км	Плотность дорог, км/тыс. га	Площадь, используемая под разрешенное (побочное) лесопользование, га
Назаровское	64154	90	1,4	64154
Краснотуранское	73 171	0	0	73171
Ужурское	118956	467	3,9	118956
Новоселовское	136 148	412	3	136148
Боготольское	140385	373	2,7	140385
Красноярское	196 286	827	4,2	196286
Ачинское	197 740	757	3,8	197740
Сухобузимское	253 878	377	1,5	253878
Богучанское	288618	744	2,6	288618
Идринское	308736	1901	2,4	307786
Дзержинского	328 613	1079	3,3	328613
Абанское	422 827	1335	3,2	422809
Козульское	462 395	1147	2,5	462395
Емельяновское	472025	1320	4	426154
Казачинское	488 042	1857	3,8	488042
Манское	519444	2642	5,1	519323
Большемуртинское	535 333	1448	2,7	435333
Каратузское	857 459	768	0,9	836661
Ирбейское	904916	834	0,9	843516
Кизирское	1 001 930	1043	1	964590
Курагинское	1 283 061	994	0,8	983061
Кодинское	3 197 658	5433	1,70	1097658
Сухобузимское	4 719 962	377	1,5	1053878
Тюхтетское	15 704 391	1654	2	1085078

На рисунке (3.19) приведена гистограмма, отображающая зависимость отметки площадей лесного фонда занятых под разрешенное (побочное) лесопользование от уровня развития ТСЛФ.

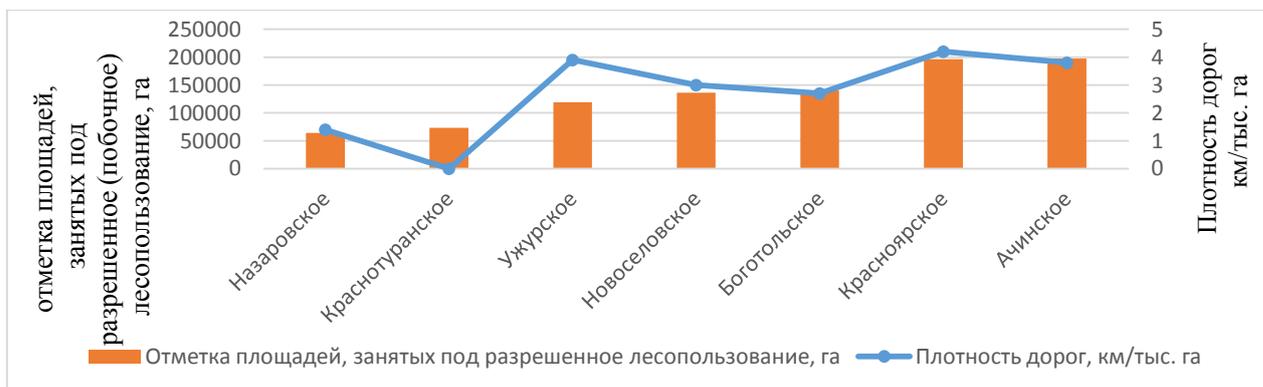


Рисунок 3.19 - Зависимость объемов разрешенного лесопользования от уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда в лесничествах группы I

Посредством анализа представленного графического материала (рисунок 3.19), можно утверждать о существовании прямой зависимости между обозначенными показателями. Однако в подтверждение данному обстоятельству необходимо построить поле корреляции, которое подразумевает под собой совокупность точек результативного и факторного признаков. Построение поля корреляции необходимо, для того чтобы на основании результатов вычислений выдвинуть гипотезу (для генеральной совокупности) о том, что связь между всеми возможными значениями X (плотность лесных дорог, обуславливающая уровень развитости лесотранспортной сети) и Y (отметка площадей лесного фонда, занятых под разрешенное лесопользование) носит экспоненциальный характер.

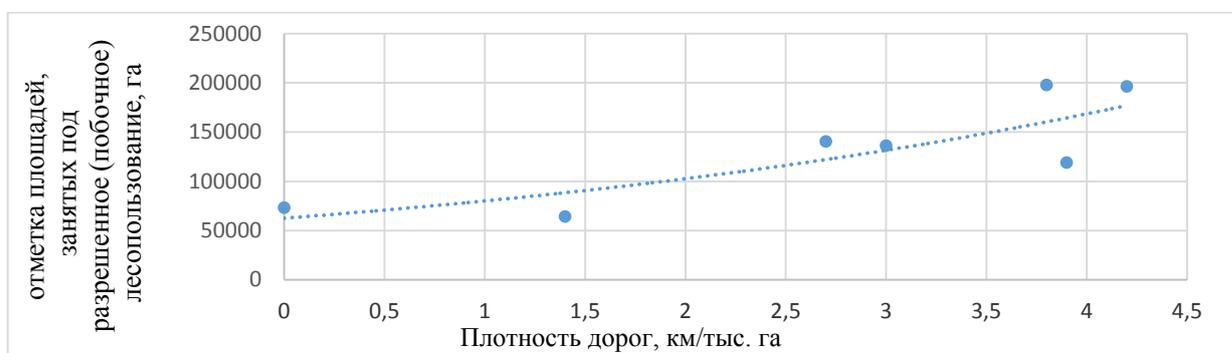


Рисунок 3.20 – Поле корреляции зависимости объемов разрешенного лесопользования от плотности транспортной сети лесничеств группы I

Согласно, полученного графика (рисунок 3.20), отмечаются отклонения от линии тренда, для того чтобы рассчитать, насколько данные отклонения влияют на взаимозависимость показателей, необходимо составить уравнение регрессии и вычислить индекс корреляции.

Расчет параметров регрессии представлен в таблице (3.12):

Таблица 3.12 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы I)

x	ln(y)	x <sup>2</sup>	ln(y) <sup>2</sup>	x*ln(y)
1.4	11.069	1.96	122.5237	15.4967
0	11.2006	0	125.4524	0
3.9	11.6865	15.21	136.5745	45.5774
3	11.8215	9	139.7478	35.4645
2.7	11.8521	7.29	140.4733	32.0008
4.2	12.1873	17.64	148.531	51.1868
3.8	12.1947	14.44	148.7109	46.3399
19	82.0118	65.54	962.0136	226.066

Для, представленных в таблице 3.12, данных система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} 7a + 19 \cdot b = 82.012 \\ 19 \cdot a + 65.54 \cdot b = 226.066 \end{cases}$$

Согласно расчетам, получены следующие эмпирические коэффициенты регрессии:  $b = 0.2479$ ,  $a = 11.0431$

Уравнение регрессии описывается следующим выражением:

$$y = e^{11.043141457715} e^{0.2479x} = 62513.72788 e^{0.2479x}$$

Индекс корреляции составит:

$$R = \sqrt{1 - \frac{4890853844,19}{16774876189,43}} = 0,842$$

Полученная величина свидетельствует о том, что объемы заготовки лесных ресурсов по видам разрешенного лесопользования находится в прямой зависимости от плотности лесной дорожной сети в лесничествах первой группы. Таким образом, отмеченные выше отклонения от линии тренда не приносят существенной погрешности в произведенные расчеты. Анализируя данные, представленные на рисунке 3.21, по второй группе

лесничеств, можно прийти к выводу о наличии прямой взаимосвязи между исследуемыми параметрами.

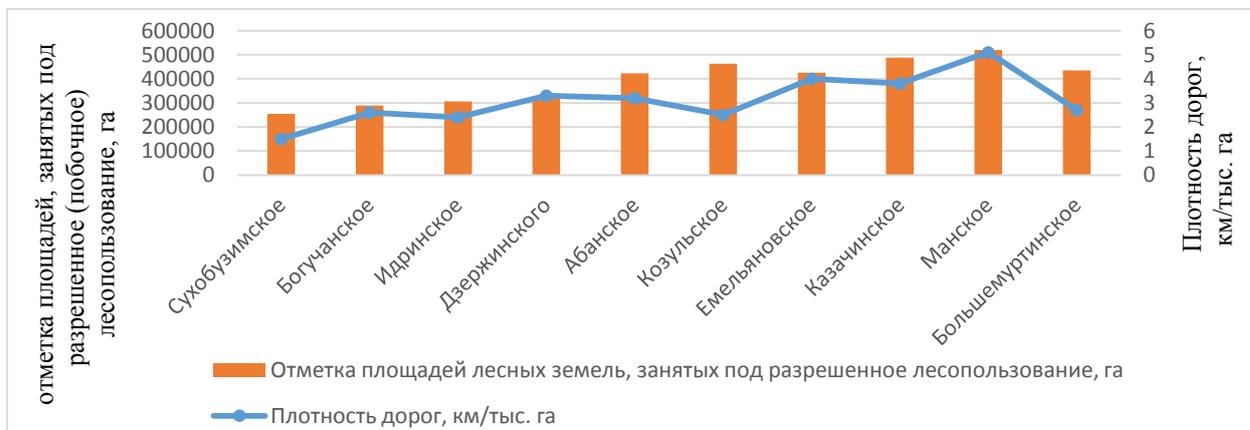


Рисунок 3.21 - Зависимость объемов разрешенного лесопользования от уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда в лесничествах группы II

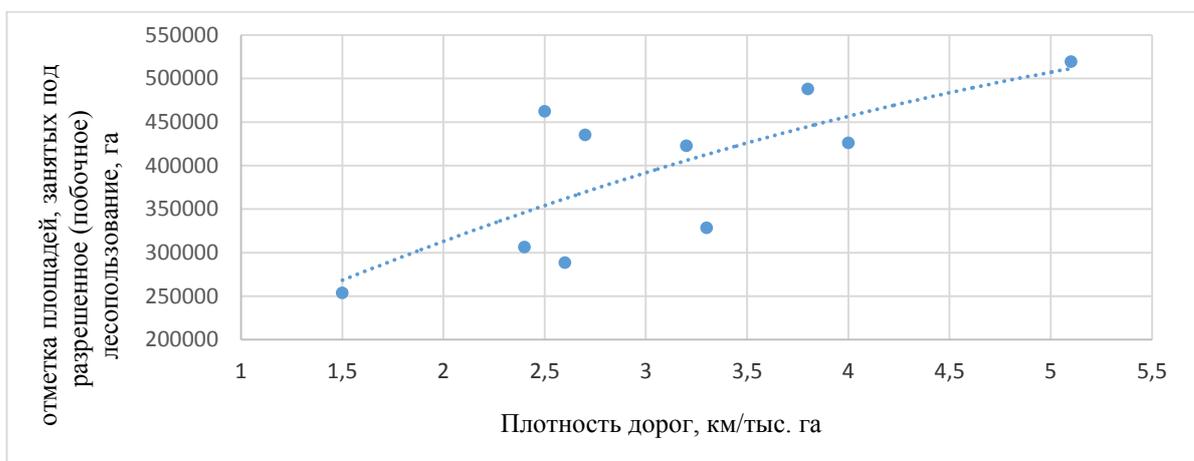


Рисунок 3.22 - Поле корреляции зависимости объемов разрешенного лесопользования от плотности транспортной сети лесничеств группы II

Графическими данными, приведенными на рисунке 3.22, подтверждается наличие прямой зависимости между рассматриваемыми показателями. Поле корреляции и линия тренда схожа с данными, представленными на рисунке 3.20, данная схожесть определена наличием отклонений от линии тренда. Данные отклонения обусловлены доступностью Козульского и Большемууртинского лесничеств для побочного

лесопользования, так как указанные территории лесного фонда расположены в предельной близости от населенных пунктов. Расчет параметров регрессии представлен в таблице (3.13).

Таблица 3.13 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы II)

x	ln(y)	x <sup>2</sup>	ln(y) <sup>2</sup>	x*ln(y)
1.5	12.4446	2.25	154.8683	18.6669
2.6	12.5729	6.76	158.0768	32.6894
2.4	12.633	5.76	159.5933	30.3193
3.3	12.7026	10.89	161.357	41.9187
3.2	12.9547	10.24	167.8247	41.4551
2.5	13.0442	6.25	170.1505	32.6104
4	12.9626	16	168.0279	51.8502
3.8	13.0982	14.44	171.5617	49.773
5.1	13.1605	26.01	173.1991	67.1186
2.7	12.9839	7.29	168.5808	35.0564
31.1	128.5571	105.89	1653.2401	401.4581

Для данных, представленных в таблице 3.13, система уравнений в целях нахождения эмпирических коэффициентов регрессии имеет вид:

$$\begin{cases} 10a + 31.1 \cdot b = 128.557 \\ 31.1 \cdot a + 105.89 \cdot b = 401.458 \end{cases}$$

Согласно расчетам, получены следующие эмпирические коэффициенты регрессии:  $b = 0.1795$ ,  $a = 12.2976$ . уравнение регрессии имеет следующий вид:  $y = e^{12.297582733556} e^{0.1795x} = 219165.56628e^{0.1795x}$

Расчетное значение индекса корреляции составит:

$$R = \sqrt{1 - \frac{39244349222,15}{75493023052}} = 0,721$$

Полученная величина свидетельствует о том, что объемы заготовки лесных ресурсов по видам разрешенного лесопользования находится в прямой зависимости от плотности лесной дорожной сети в лесничествах второй группы. Таким образом, также как и в расчетах по первой группе лесничеств, отмеченные выше отклонения от линии тренда не приносят существенной погрешности в произведенные расчеты, тем самым подтверждая выдвигаемую гипотезу. На рисунке 3.23, посредством

построения гистограммы, приведены статистические данные по третьей группе лесничеств, имеющей плотность дорожной сети свыше 5 км/1000 га.

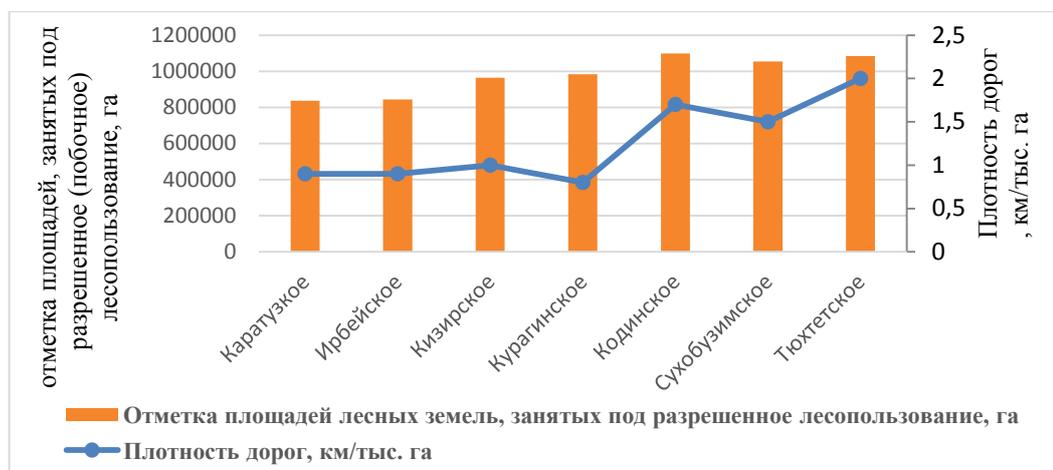


Рисунок 3.23 - Зависимость объемов разрешенного лесопользования от уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда в лесничествах группы III

По данным выше представленного графического материала, можно отметить существование прямой взаимозависимости между уровнем развития ТСЛФ и объемом реализации разрешенного лесопользования. В подтверждение выдвигаемой гипотезы, необходимо произвести корреляционно-регрессионный анализ, путем построения поля корреляции, расчета уравнения регрессии и определения индекса корреляционной взаимосвязи исследуемых показателей.

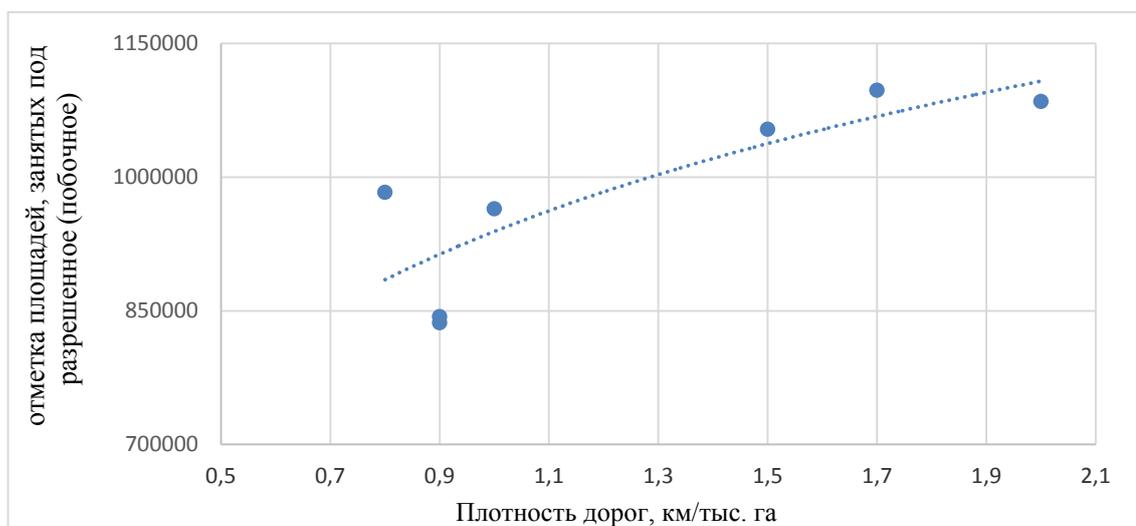


Рисунок 3.24 - Поле корреляции зависимости объемов разрешенного лесопользования от плотности транспортной сети лесничеств группы III

Исходя из данных графического материала (рисунок 3.24), подтверждается наличие прямой зависимости между рассматриваемыми показателями. Поле корреляции и линия тренда схожа с данными представленными на рисунках 3.20 и 3.22, данная схожесть также определена наличием отклонений от линии тренда, причину отклонений обуславливают аналогичные факторы, приведенные в расчетах по первой и второй группе лесничеств. Для расчета параметров регрессии построена расчетная таблица 3.14.

Таблица 3.14 – Расчет параметров регрессии лесничеств группы III

ln(x)	y	ln(x) <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	ln(x)*y
-0.1054	836661	0.0111	700001628921	-88151.0344
-0.1054	843516	0.0111	711519242256	-88873.2807
0	964590	0	930433868100	0
-0.2231	983061	0.04979	966408929721	-219363.7227
0.5306	1097658	0.2816	1204853084964	582448.3448
0.4055	1053878	0.1644	1110658838884	427310.7572
0.6931	1085078	0.4805	1177394266084	752118.7564
1.1954	6864442	0.9984	6801269858930	1365489.8206

Для данных, представленных в таблице 3.14, система уравнений в целях нахождения эмпирических коэффициентов регрессии имеет вид:

$$\begin{cases} 7a + 1.195 \cdot b = 6864442 \\ 1.195 \cdot a + 0.998 \cdot b = 1365489.821 \end{cases}$$

Согласно расчетам, получены следующие эмпирические коэффициенты регрессии:  $b = 243317.0161$ ,  $a = 939083.8127$ . Уравнение регрессии представлено выражением:  $y = 243317.0161 \ln(x) + 939083.8127$

Расчетное значение индекса корреляции составит:

$$R = \sqrt{1 - \frac{2273658455,27}{69760720163,71}} = 0,821$$

Полученная величина свидетельствует о том, что объемы заготовки лесных ресурсов по видам разрешенного лесопользования находится в прямой зависимости от плотности лесной дорожной сети и в лесничествах третьей группы. Исходя из значения индекса корреляции, также как и в

расчетах по первой и второй группам лесничеств, отмеченные выше отклонения от линии тренда не приносят существенной погрешности в произведенные расчеты, тем самым подтверждая выдвигаемую гипотезу.

Данная гипотеза подтверждается расчетными значениями индексов корреляции по трем группам лесничеств, отмеченные значения варьируются от 0,72 до 0,84 по шкале Чеддока, указывая на высокую взаимосвязь между исследуемыми показателями. Таким образом, исходя из анализа экспериментальных данных, очевидна тесная взаимосвязь между побочным лесопользованием и уровнем развития транспортной сети на территории лесного фонда. Но отмеченный анализ не дает полной картины в рамках сопряженности исследуемых параметров, следовательно, в целях обеспечения комплексного подхода к обозначенной в диссертационном исследовании проблематике, также необходимо рассчитать степень взаимосвязи между уровнем развития лесотранспортной сети и качеством проведения лесохозяйственных мероприятий.

### 3.2.3 Определение зависимости эффективности реализации лесовосстановительных мероприятий от уровня развития лесотранспортной сети

В целях определения взаимосвязи между уровнем развития лесотранспортной сети и эффективностью проведения лесохозяйственных мероприятий в данном параграфе расчетным путем получено значение величины влияния уровня развития лесотранспортной сети на качество проведения лесохозяйственных мероприятий.

Исходными данными для обозначенных расчетов является статистическая сводка министерства леса за 2019 год в рамках проведения лесовосстановительных работ в лесничествах Красноярского края (таблица 3.15), а также данные Приложения А.

Таблица 3.15 – Объем реализованного лесовосстановления и общая характеристика лесничеств Красноярского края

Лесничества	Общая площадь лесов, тыс.га	Протяженность, км	Плотность, км/тыс. га	Эксплуатационные леса, га	Плотность дорог с учетом лесных дорог в эксплуатационных лесах, км/тыс. га	Искусственное лесовосстановление, га
Краснотуранское	73 171	0	0	37112	0,000	10
Шарыповское	75 202	0	0	48148	0,000	10
Большеулуйское	95 527	0	0	74041	0,000	30,1
Сухобузимское	4 719 962	377	1,5	190190	0,060	30,56
Тюхтетское	15 704 391	1654	2	718049	0,091	40
Енисейское	4 238 921	1422	0,3	2973340	0,210	50,9
Саянское	761 419	678	1,2	167887	0,265	46,4
Саяно-Шушенское	913 293	1407	1,8	153347	0,302	46,4
Ужурское	834 951	467	3,9	71458	0,334	30
Курагинское	1 283 061	994	0,8	656648	0,409	35
Ирбейское	904 916	834	0,9	415357	0,413	59,1
Кизирское	1 001 930	1043	1	445259	0,444	38
Каратузское	857 459	768	0,9	526042	0,552	45
Боготольское	140 385	373	2,7	39551	0,761	5
Тинское	1 059 844	1032	3,8	243720	0,874	76,8
Уярское	881 640	1996	11,6	98179	1,292	16,9
Идринское	308 736	1901	2,4	232542	1,808	51,5
Маганское	191 355	899	4,7	78896	1,938	10
Козульское	462 395	1147	2,5	389955	2,108	24,9
Богучанское	288 618	744	2,6	235407	2,121	65,7
Большемуртинское	535 333	1448	2,7	421133	2,124	127,6
Ачинское	197 740	757	3,8	131663	2,530	40,6
Емельяновское	320 383	1320	4	210269	2,625	74,4
Чунское	824 918	2709	2,97	735391	2,648	138,65
Абанское	422 827	1335	3,2	355153	2,688	159
Дзержинское	328 613	1079	3,3	272255	2,734	149,52
Усольское	968 314	3099	3,5	781700	2,825	182,7
Манское	519 444	2642	5,1	308299	3,027	98,3
Канское	236 300	1277	5,4	135003	3,085	81,9
Казачинское	488 042	1857	3,8	396344	3,086	204,2
Рыбинское	68 425	1588	21,8	10080	3,211	10
Пойменское	225 675	956	4,2	191362	3,561	250
Балахтинское	244 266	3004	12,3	106530	5,364	20
Долгомостовское	305 565	1962	6,4	261993	5,487	77,2
Ермаковское	373 483	3978	10,7	199478	5,715	70,7
Гремучинское	1 209 495	18065	14,9	1066601	13,140	430,9
Верхнеманское	477 369	13632	28,6	221365	13,262	150
Пировское	498 628	8270	16,6	407563	13,568	222,1
Мотыгинское	1 821 520	1424	16,8	1483928	13,686	301,5
Даурское	417 785	13011	31,1	217270	16,174	88,7
Манзенское	493 071	21125	42,8	411066	35,682	31,7

Согласно данным таблицы 3.15, построена гистограмма, отражающая зависимость уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда и лесовосстановительных работ по первой группе лесничеств (рисунок 3.25).



Рисунок 3.25 – Зависимость лесовосстановительных работ от плотности дорожной сети в лесничествах I группы

По данным выше представленного графического материала, можно отметить существование прямой взаимозависимости между уровнем развития ТСЛФ и лесовосстановлением. В подтверждение выдвигаемой гипотезы необходимо произвести корреляционно-регрессионный анализ путем построения поля корреляции (рисунок 3.26), расчета уравнения регрессии и определения индекса корреляционной взаимосвязи исследуемых показателей.

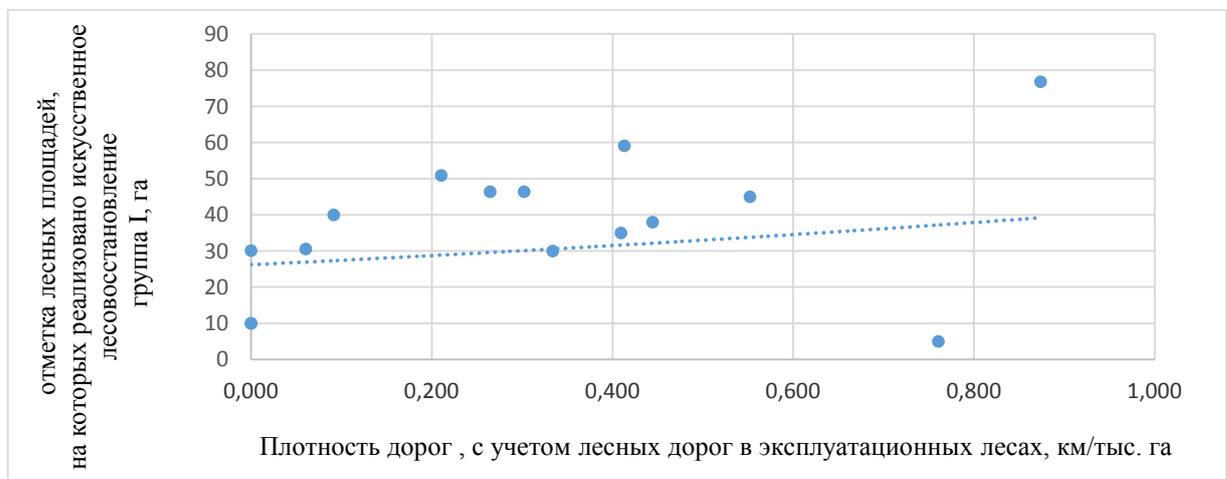


Рисунок 3.26 – Поле корреляции зависимости лесовосстановительных работ от плотности дорожной сети в лесничествах I группы

Данные графического материала (рисунок 3.26) подтверждают наличие прямой зависимости между рассматриваемыми показателями. Следует отметить, что построенная линия тренда характеризуется наличием отклонений, причиной которых является развитая сеть дорог в Боготольском лесничестве, сопряженная с низким уровнем объемов реализации лесовосстановительных работ в обозначенном лесничестве. Отмеченное обстоятельство обусловлено применением в лесохозяйственной деятельности данного субъекта отрасли естественного восстановления лесов и недостаточным финансированием в рамках реализации искусственного лесовосстановления. Расчет параметров регрессии приведен в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы I)

x	ln(y)	x <sup>2</sup>	ln(y) <sup>2</sup>	x*ln(y)
0	2.3026	0	5.3019	0
0	2.3026	0	5.3019	0
0	3.4045	0	11.5908	0
0.06	3.4197	0.0036	11.6943	0.2052
0.091	3.6889	0.00828	13.6078	0.3357
0.21	3.9299	0.0441	15.4438	0.8253
0.265	3.8373	0.07023	14.7249	1.0169
0.302	3.8373	0.0912	14.7249	1.1589
0.334	3.4012	0.1116	11.5681	1.136
0.409	3.5553	0.1673	12.6405	1.4541
0.413	4.0792	0.1706	16.6401	1.6847
0.444	3.6376	0.1971	13.232	1.6151
0.552	3.8067	0.3047	14.4907	2.1013
0.761	1.6094	0.5791	2.5903	1.2248
0.874	4.3412	0.7639	18.8461	3.7942
4.715	51.1534	2.5117	182.3981	16.5521

Для данных, представленных в таблице 3.16, система уравнений в целях нахождения эмпирических коэффициентов регрессии имеет вид:

$$\begin{cases} 15a + 4.715 \cdot b = 51.153 \\ 4.715 \cdot a + 2.512 \cdot b = 16.552 \end{cases}$$

Согласно расчетам, получены следующие эмпирические коэффициенты регрессии:  $b = 0.4593$ ,  $a = 3.2658$ . Полученное уравнение регрессии выглядит следующим образом:  $y = e^{3.2658498709118} e^{0.4593x} = 26.20237e^{0.4593x}$

$$\text{Значение индекса корреляции составит: } R = \sqrt{1 - \frac{5125,23}{5140,26}} = 0,0541$$

Значение индекса корреляции, согласно, шкале Чеддока составляет менее 0,1, данное обстоятельство предполагает отсутствие какой-либо взаимосвязи между исследуемыми параметрами, по этой причине необходимо провести аналогичный расчет, исключив из него Боготольское лесничество. Гистограмма, отражающая взаимозависимость показателей, представлена на рисунке 3.27, поле корреляции обозначено на рисунке 3.28.

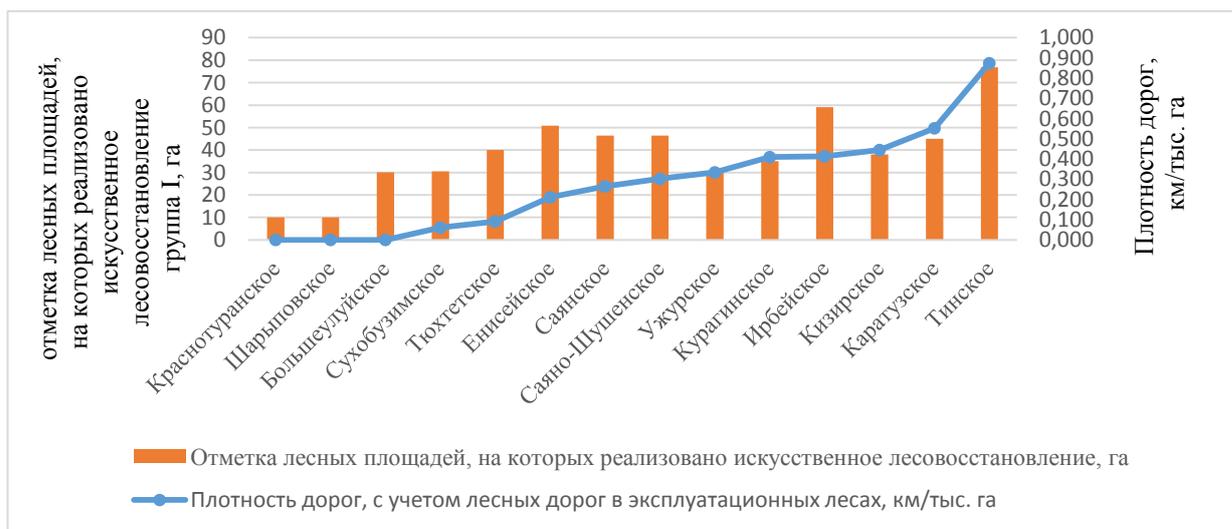


Рисунок 3.27 – Зависимость лесовосстановительных работ от плотности дорожной сети в лесничествах I группы

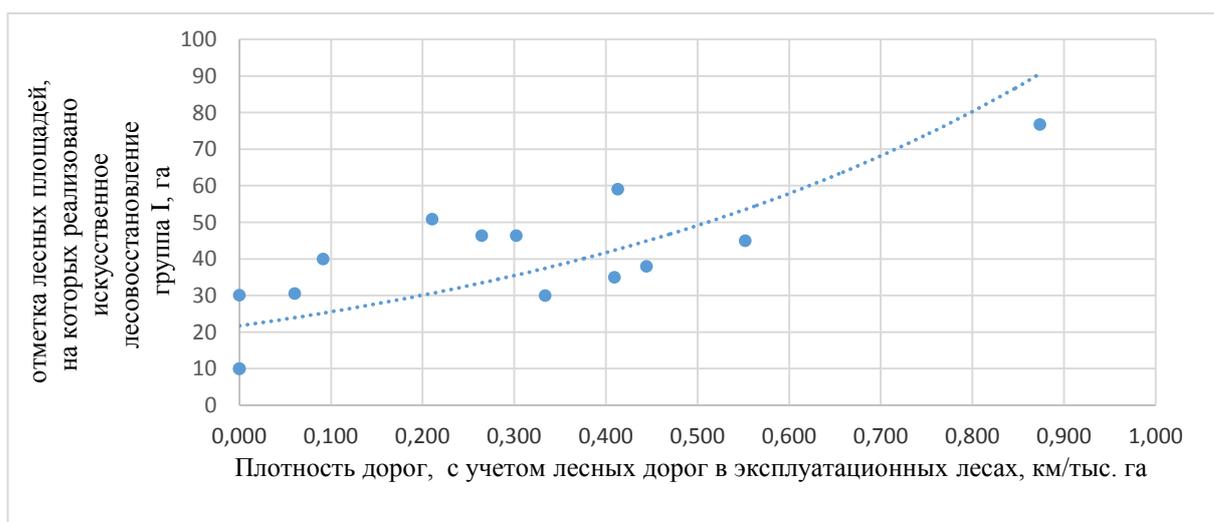


Рисунок 3.28 – Поле корреляции зависимости лесовосстановительных работ от плотности дорожной сети в лесничествах I группы

Расчеты параметров данной регрессии приведены в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы I)

x	ln(y)	x <sup>2</sup>	ln(y) <sup>2</sup>	x*ln(y)
0	2.3026	0	5.3019	0
0	2.3026	0	5.3019	0
0	3.4045	0	11.5908	0
0.06	3.4197	0.0036	11.6943	0.2052
0.091	3.6889	0.00828	13.6078	0.3357
0.21	3.9299	0.0441	15.4438	0.8253
0.265	3.8373	0.07023	14.7249	1.0169
0.302	3.8373	0.0912	14.7249	1.1589
0.334	3.4012	0.1116	11.5681	1.136
0.409	3.5553	0.1673	12.6405	1.4541
0.413	4.0792	0.1706	16.6401	1.6847
0.444	3.6376	0.1971	13.232	1.6151
0.552	3.8067	0.3047	14.4907	2.1013
0.874	4.3412	0.7639	18.8461	3.7942
3.954	49.544	1.9325	179.8078	15.3273

Для данных, представленных в таблице 3.17, система уравнений в целях нахождения эмпирических коэффициентов регрессии имеет вид:

$$\begin{cases} 14a + 3.954 \cdot b = 49.544 \\ 3.954 \cdot a + 1.933 \cdot b = 15.327 \end{cases}$$

Согласно расчетам, получены следующие эмпирические коэффициенты регрессии:  $b = 1.636$ ,  $a = 3.0768$ . Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = e^{3.0767890998866} e^{1.636x} = 21.68865 e^{1.636x}$$

Расчетная величина индекса корреляции составит:  $R = \sqrt{1 - \frac{1997,35}{4051,06}} =$

0,712. Полученное значение индекса корреляционной взаимосвязи для исследуемых показателей, в отличие от предыдущего, имеет достаточно высокое значение согласно шкале Чеддока. Данное обстоятельство подтверждает выдвигаемую гипотезу о наличии влияния уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда на качество проведения лесовосстановительных мероприятий. Таким образом, влияние показателей Боготольского лесничества на экспериментальные значения следует считать величиной случайного характера.

Далее рассмотрим вторую группу лесничеств, имеющих плотность лесных дорог от 1 км до 5 км на 1000 га. На рисунке 3.29 приведена

гистограмма, отражающая зависимость лесовосстановительных мероприятий от плотности дорожной сети по второй группе лесничеств.

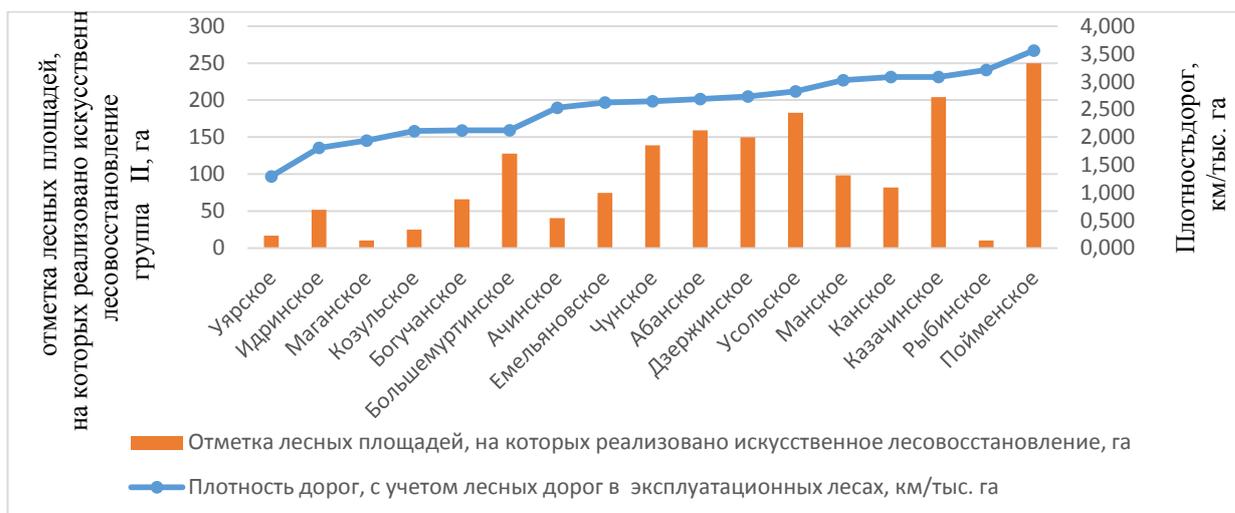


Рисунок 3.29 - Зависимость лесовосстановления от плотности дорожной сети по лесничествам группы II

Приведенный графический материал указывает на наличие прямой зависимости между исследуемыми показателями. Данную прямую связь определяет сопряжение роста плотности дорожной сети и повышения объемов произведенных лесовосстановительных работ. На основании рисунка 3.29 построено поле данной корреляции (рисунок 3.30).

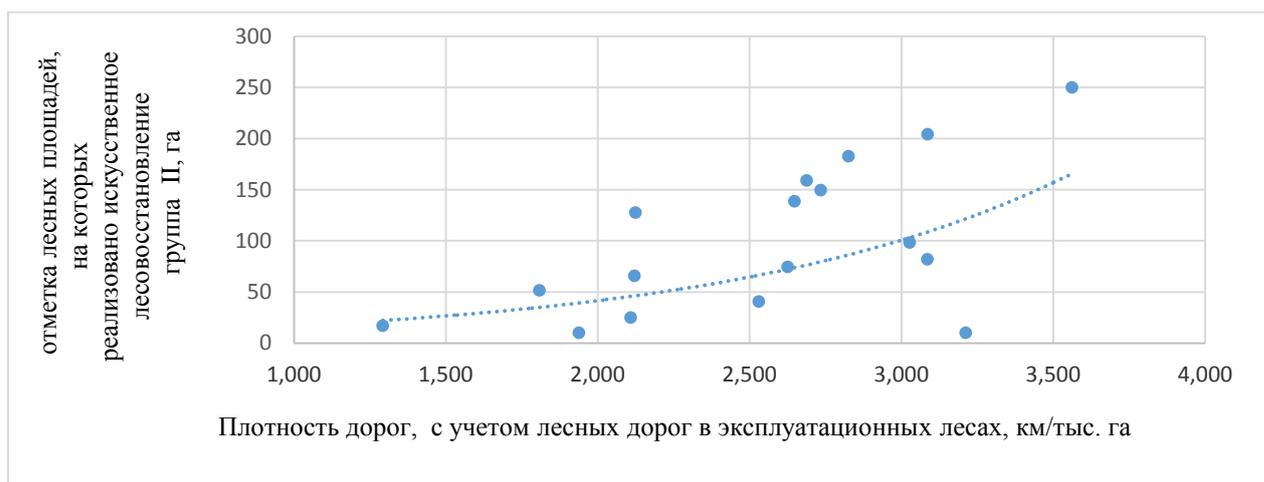


Рисунок 3.30 - Поле корреляции зависимости лесовосстановления от плотности дорожной сети по лесничествам группы II

Расчеты параметров регрессии сведены в таблицу 3.18.

Таблица 3.18 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы II)

ln(x)	y	ln(x) <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	ln(x)*y
0.2562	16.9	0.06563	285.61	4.3296
0.5922	51.5	0.3507	2652.25	30.4994
0.6617	10	0.4378	100	6.6166
0.7457	24.9	0.5561	620.01	18.5689
0.7519	65.7	0.5653	4316.49	49.399
0.7533	127.6	0.5675	16281.76	96.1212
0.9282	40.6	0.8616	1648.36	37.6857
0.9651	74.4	0.9314	5535.36	71.802
0.9738	338.65	0.9483	114683.8225	329.7789
0.9888	159	0.9777	25281	157.2188
1.0058	149.52	1.0116	22356.2304	150.3821
1.0385	182.7	1.0785	33379.29	189.7355
1.1076	98.3	1.2267	9662.89	108.8743
1.1266	81.9	1.2691	6707.61	92.2646
1.1269	204.2	1.2698	41697.64	230.108
1.1666	10	1.3609	100	11.6658
1.27	250	1.613	62500	317.5104
15.4588	1885.87	15.0917	347808.3229	1902.5609

Для данных, представленных в таблице 3.18, система уравнений в целях нахождения эмпирических коэффициентов регрессии имеет вид:

$$\begin{cases} 17a + 15.459 \cdot b = 1885.87 \\ 15.459 \cdot a + 15.092 \cdot b = 1902.561 \end{cases}$$

Согласно расчетам, получены следующие значения эмпирических коэффициентов регрессии:  $b = 181.419$ ,  $a = -54.0382$ . Уравнение регрессии имеет вид:  $y = 181.419 \ln(x) - 54.0382$ . Расчетное значение индекса

корреляции составит:  $R = \sqrt{1 - \frac{104556,66}{138602,11}} = 0,496$

Полученная величина свидетельствует о том, что фактор (X) умеренно влияет на характеристики (Y), но следует отметить, что исходя из анализа рисунка 3.30, отмечаются отклонения от линии тренда, связанные с довольно развитой дорожной сетью и низким объемом проводимых лесовосстановительных мероприятий в Маганском и Рыбинском лесничествах. Обозначенное обстоятельство обусловлено недостаточным финансированием лесовосстановительных мероприятий, а также плохой выживаемостью саженцев из за производимого не в полной мере ухода за лесными культурами в течение первых 3-х лет после их посадки. Очевидно,

что данное отклонение от линии тренда, представляет собой случайную величину. Следовательно, необходимо произвести эксперимент с исключением отмеченных лесничеств из расчетов. Итоги расчетов представлены на рисунках 3.31-3.32, а также сводной таблицей 3.19.



Рисунок 3.31 – Зависимость лесовосстановления от плотности дорожной сети по лесничествам группы II

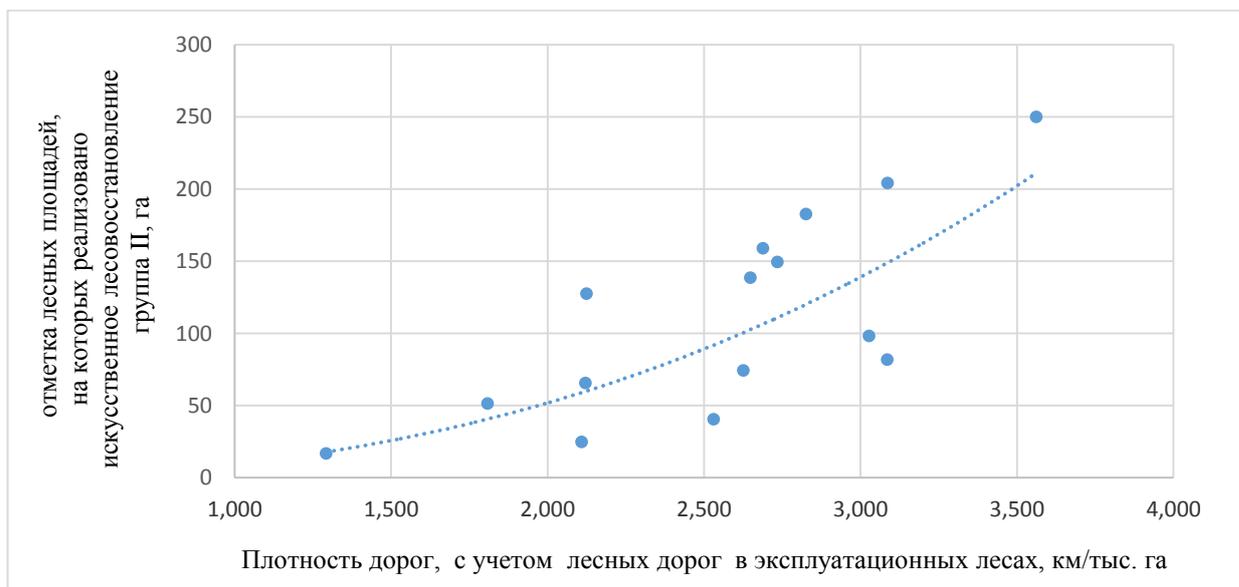


Рисунок 3.32 – Поле корреляции зависимости объемов лесовосстановления от плотности дорожной сети по лесничествам группы II

Расчеты параметров регрессии сведены в таблицу 3.19.

Таблица 3.19 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы II)

x	ln(y)	x <sup>2</sup>	ln(y) <sup>2</sup>	x*ln(y)
1	2	3	4	5
1.292	2.8273	1.6693	7.9937	3.6529
1.808	3.9416	3.2689	15.5361	7.1264
2.108	3.2149	4.4437	10.3354	6.7769
2.121	4.1851	4.4986	17.5151	8.8766
2.124	4.8489	4.5114	23.5118	10.2991
2.53	3.7038	6.4009	13.7179	9.3705
2.625	4.3095	6.8906	18.5714	11.3123
2.688	5.0689	7.2253	25.6938	13.6252
2.734	5.0074	7.4748	25.0744	13.6903
2.825	5.2078	7.9806	27.1217	14.7122
3.027	4.588	9.1627	21.05	13.8879
3.085	4.4055	9.5172	19.4084	13.591
3.086	5.3191	9.5234	28.2928	16.4147
3.561	5.5215	12.6807	30.4865	19.6619
2.648	4.932	7.0119	24.3242	13.0598
38.262	67.0812	102.26	308.633	176.0578

Для данных, представленных в таблице 3.19, система уравнений в целях нахождения эмпирических коэффициентов регрессии имеет вид:

$$\begin{cases} 15a + 38.262 \cdot b = 67.081 \\ 38.262 \cdot a + 102.26 \cdot b = 176.058 \end{cases}$$

Согласно расчетам, получены следующие эмпирические коэффициенты:  $b = 1.0613$ ,  $a = 1.7649$ . Уравнение регрессии принимает вид:

$$y = e^{1.7649110996591} e^{1.0613x} = 5.84105e^{1.0613x}$$

$$\text{Значение индекса корреляции составит: } R = \sqrt{1 - \frac{37182,897}{67140,13}} = 0,744$$

Полученное значение индекса корреляции согласно шкале Чеддока имеет высокую интерпретацию, из чего можно заключить наличие тесной взаимозависимости между исследуемыми параметрами. Далее, в целях производимого расчетного эксперимента, необходимо рассмотреть лесничества, объединенные в третью группу, имеющие плотность лесных дорог в рамках от 1 км до 5 км на 1000 га. Эксперимент поставлен аналогично предыдущим расчетам. Гистограмма сводки статистических данных приведена на рисунке 3.33, поле корреляции, отражающее качественную взаимосвязь исследуемых параметров, представлено на рисунке 3.34. Представленный графический материал также как и в вышеприведенных расчетах указывает на наличие тесной прямой

зависимости между уровнем развития лесотранспортной сети и качеством проведения лесовосстановительных мероприятий. Расчет параметров регрессии в рамках производства детального анализа сведен в таблицу 3.20.

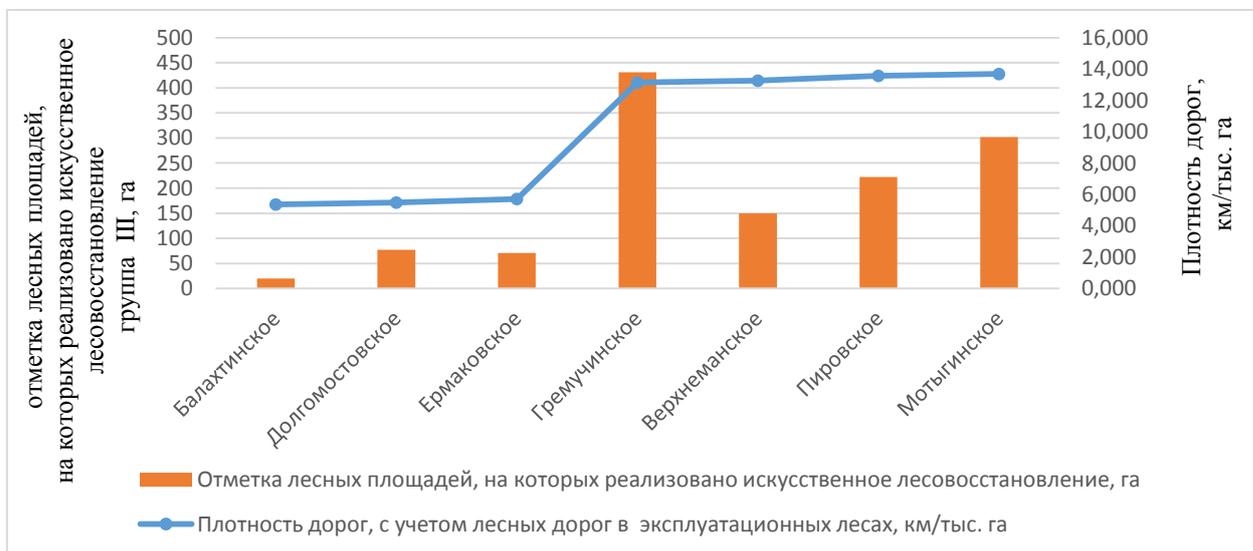


Рисунок 3.33 – Зависимость лесовосстановления от плотности дорожной сети по лесничествам группы III

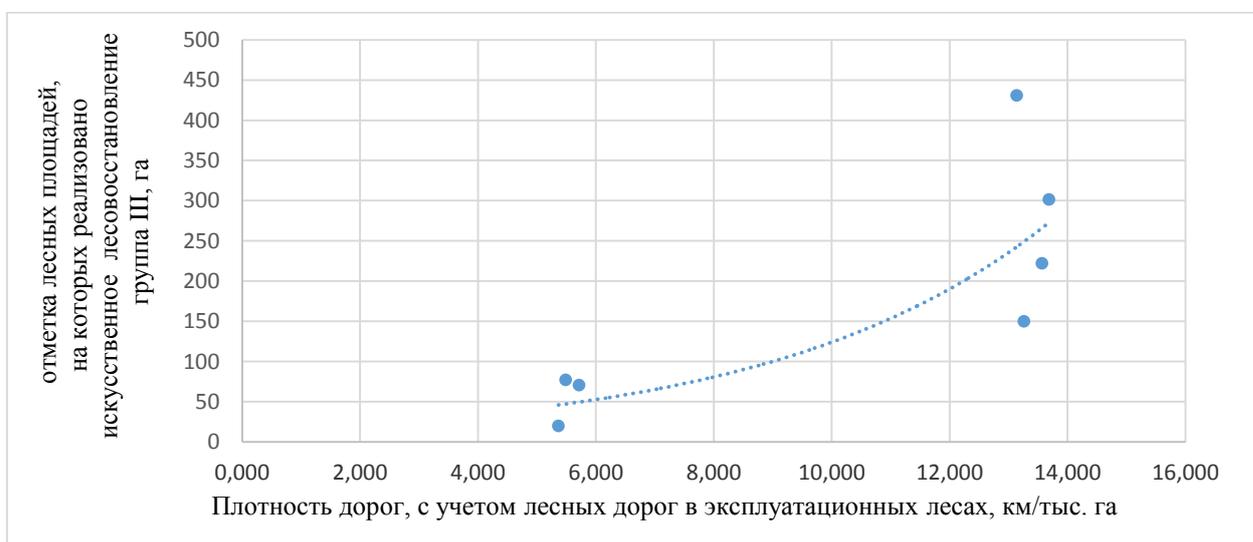


Рисунок 3.34 – Поле корреляции зависимости объемов лесовосстановления от плотности дорожной сети по лесничествам группы III

Таблица 3.20 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы III)

ln(x)	y	ln(x) <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	ln(x)*y
1.6797	20	2.8214	400	33.5942
1.7024	77.2	2.8981	5959.84	131.4239
1.7431	70.7	3.0384	4998.49	123.2368
2.5757	430.9	6.634	185674.81	1109.8523
2.5849	150	6.6817	22500	387.7354
2.6077	222.1	6.8002	49328.41	579.1733
2.6164	301.5	6.8454	90902.25	788.8366
15.5098	1272.4	35.7192	359763.8	3153.8525

Для приведенных в таблице 3.20 данных система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} 7a + 15.51 \cdot b = 1272.4 \\ 15.51 \cdot a + 35.719 \cdot b = 3153.852 \end{cases}$$

Согласно расчетам, получены следующие эмпирические коэффициенты регрессии:

$$b = 247.0822, \quad a = -365.6865.$$

Уравнение регрессии представлено выражением:

$$y = 247.0822 \ln(x) - 365.6865.$$

$$\text{Значение индекса корреляции составит: } R = \sqrt{1 - \frac{45802,34}{128477,82}} = 0,802.$$

Полученное значение коэффициента корреляции, согласно, шкале Чеддока имеет высокую интерпретацию, указывающую на тесную взаимосвязь между исследуемыми параметрами. Также результаты расчетного эксперимента подтверждают выдвигаемую гипотезу о наличии взаимозависимости между уровнем развития транспортной сети на территории лесного фонда и качеством реализации лесовосстановительных работ.

Учитывая вышеизложенное, необходимо добавить, что в комплекс проводимых лесохозяйственных мероприятий включаются не только лесовосстановительные работы после главного пользования лесами, но и лесовозобновительные работы на пройденных пожаром территориях лесного фонда.

Исходя из отмеченного, в целях обеспечения комплексного подхода к объекту диссертационного исследования, необходимо определить наличие и

степень взаимосвязи между уровнем развития лесотранспортной сети и качеством проведения противопожарных мероприятий.

Определение данной взаимосвязи представлено в настоящем исследовании отдельным параграфом, так как негативное воздействие пожаров на лесные экосистемы, с одной стороны является фактором, резко снижающим продуктивность территорий лесного фонда, а с другой стороны обозначенное воздействие является фактором производства как лесовосстановительных, так и противопожарных мероприятий.

### 3.2.4 Определение зависимости эффективности проведения противопожарных мероприятий от уровня развития лесотранспортной сети

Как было отмечено во втором разделе настоящего исследования, состояние лесопромышленного комплекса во многом зависит от уровня развития ТСЛФ на территории лесного фонда, в общем, и ее дорожной сети в частности. Согласно мнению ученых-исследователей [20, 23, 30, 40, 81, 124, 158, 177, 195, 209 и др.] одной из наиболее острых проблем лесной отрасли России в целом и Красноярского края в частности является неразвитость ТСЛФ. Следовательно, слабо развитая лесотранспортная сеть является причиной низкой эффективности охраны лесов от пожаров. Подтвердить обозначенное обстоятельство нами предлагается путем производства расчетного эксперимента посредством применения корреляционно-регрессионного анализа, как наиболее действенного метода обработки статистических данных.

Исходные данные для постановки отмеченного эксперимента представлены в таблице 3.21, а также в Приложении А.

Таблица 3.21 – Статистические данные о лесных пожарах по лесничествам Красноярского края

Лесничество	Общая площадь лесов, га	Протяженность, км	Плотность, км/тыс. га	Площадь лесная, га		Площадь не лесная, га	Эксплуатационные леса, га	Плотность дорог, с учетом лесных дорог в эксплуатационных лесах, км/тыс. га	Общая территория лесного фонда, подверженная пожарам, га
				Покрытая лесом, га	Не покрытая лесом				
Большеулуйское	95 527	0	0	418	0	0	74041	0,000	418
Краснотуранское	73 171	0	0	342	0	0	37112	0,000	342
Шарыповское	75 202	0	0	309,1	18,5	0	48148	0,000	327,6
Сухобузимское	4 719 962	377	1,5	1336,41	130,59	0	190190	0,060	1467
Байкитское	14 794 263	1166	0,08	207	0	0	13481530	0,073	207
Тюхтетское	15 704 391	1654	2	250	0	0	718049	0,091	250
Енисейское	4 238 921	1422	0,3	147	52	0	2973340	0,210	199
Саянское	761 419	678	1,2	285,4	51,6	0	167887	0,265	337
Саяно-Шушенское	913 293	1407	1,8	159,9	0	0	153347	0,302	159,9
Ужурское	834 951	467	3,9	147,1	1,7	1,7	71458	0,334	150,5
Курагинское	1 283 061	994	0,8	167	47,8	0	656648	0,409	214,8
Ирбейское	904 916	834	0,9	209	0	0	415357	0,413	209
Кизирское	1 001 930	1043	1	250	0	0	445259	0,444	250
Каратузское	857 459	768	0,9	291,5	0	0	526042	0,552	291,5
Красноярское	196 286	827	4,2	86,65	2,4	0	29686	0,635	89,05
Боготольское	140 385	373	2,7	127,3	0	0	39551	0,761	127,3
Назаровское	64 154	90	1,4	32,91	0	11,69	35235	0,769	44,6
Тинское	1 059 844	1032	3,8	364,5	0	10	243720	0,874	374,5
Кодинское	3 197 658	5433	1,70	1515,055	8	1	2393165	1,272	1524,055
Невонское	495 719	739	1,5	1900,2	0,2	0	424344	1,284	1900,4
Уярское	881 640	1996	11,6	664,4	17,5	0	98179	1,292	681,9
Идринское	308 736	1901	2,4	509,8	0	0	232542	1,808	509,8
Маганское	191 355	899	4,7	341,3	0	0	78896	1,938	341,3
Новоселовское	136 148	412	3	422,8	0	0	91396	2,014	422,8
Мининское	151 642	670	4,4	1103	0	0,7	71387	2,071	1103,7
Козульское	462 395	1147	2,5	313	0	0	389955	2,108	313
Богучанское	288 618	744	2,6	556,5	0	3	235407	2,121	559,5
Большемуртинское	535 333	1448	2,7	370,89	10,1	0	421133	2,124	380,99
Ачинское	197 740	757	3,8	144,8	17	0	131663	2,530	161,8
Емельяновское	320 383	1320	4	726,5	0	0	210269	2,625	726,5
Чунское	824 918	2709	2,97	520,2	19,6	23	735391	2,648	562,8
Абанское	422 827	1335	3,2	453,91	57,89	50	355153	2,688	561,8
Дзержинское	328 613	1079	3,3	500,5	3,5	0	272255	2,734	504
Усольское	968 314	3099	3,5	326,36	14	0	781700	2,825	340,36
Манское	519 444	2642	5,1	212,4	30	0	308299	3,027	242,4
Канское	236 300	1277	5,4	260,2	0	0	135003	3,085	260,2
Казачинское	488 042	1857	3,8	206,4	0	0	396344	3,086	206,4
Рыбинское	68 425	1588	21,8	324	4	0	10080	3,211	328
Пойменское	225 675	956	4,2	118	0	0	191362	3,561	118
Балахтинское	244 266	3004	12,3	438,7	3,3	28	106530	5,364	470
Долгомостовское	305 565	1962	6,4	1283,74	11,26	11	261993	5,487	1306
Ермаковское	373 483	3978	10,7	222,8	12	0	199478	5,715	234,8
Гремучинское	1 209 495	18065	14,9	122,1	0	0	1066601	13,140	122,1
Верхнеманское	477 369	13632	28,6	377	0	0	221365	13,262	377
Пировское	498 628	8270	16,6	185,5	4,4	0	407563	13,568	189,9
Мотыгинское	1 821 520	1424	16,8	274,51	900	0	1483928	13,686	1174,51
Даурское	417 785	13011	31,1	74,3	16,9	0	217270	16,174	91,2
Манзенское	493 071	21125	42,8	50,9	0	0	411066	35,682	50,9
Иланское	263 393	13796	52,4	45,65	9,6	0	208647	41,509	55,25

Согласно данным таблицы 3.21, построена гистограмма, отражающая зависимость уровня развития лесотранспортной сети и отметки территории лесного фонда, пройденной пожарами по первой группе лесничеств (рисунок 3.35).



Рисунок 3.35 - Зависимость отметки площадей лесных земель, пройденных пожарами от плотности лесных дорог по лесничествам I группы

Представленный на рисунке 3.35 графический материал указывает на наличие обратной зависимости между рассматриваемыми показателями. В целях расчетного эксперимента необходимо построение поля корреляции по данным, приведенным на гистограмме (рисунок 3.35). Поле корреляции представлено на рисунке 3.36.

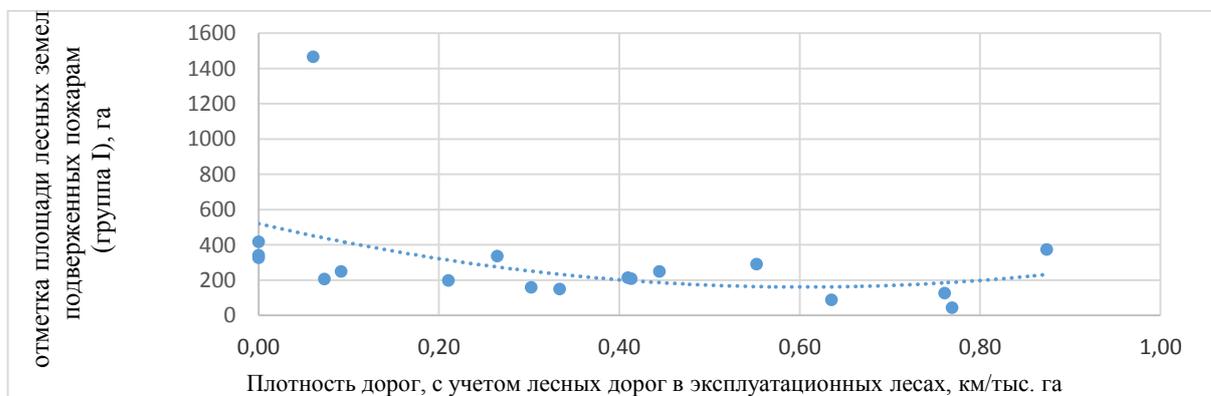


Рисунок 3.36 – Поле корреляции зависимости отметки площадей лесных земель, пройденных пожарами, от плотности лесных дорог в лесничествах I группы

Построенная линия тренда показывает обратно-пропорциональную зависимость. Очевидно, что данное обстоятельство обусловлено влиянием ТСЛФ, то есть чем больше развита лесная дорожная сеть, тем на меньшую территорию распространяется пожар. В целях определения зависимости друг от друга рассматриваемых параметров необходимо составить уравнение регрессии и посредством него рассчитать коэффициент корреляции. Расчет параметров регрессии приведен в таблице 3.22.

Таблица 3.22 - Расчет параметров регрессии (лесничества группы I)

x	ln(y)	x <sup>2</sup>	ln(y) <sup>2</sup>	x*ln(y)
0	6.0355	0	36.427	0
0	5.8348	0	34.045	0
0	5.7918	0	33.5449	0
0.06	7.291	0.0036	53.1583	0.4375
0.07	5.3327	0.0049	28.4379	0.3733
0.09	5.5215	0.0081	30.4865	0.4969
0.21	5.2933	0.0441	28.0191	1.1116
0.26	5.8201	0.0676	33.8734	1.5132
0.3	5.0745	0.09	25.751	1.5224
0.33	5.014	0.1089	25.1398	1.6546
0.41	5.3697	0.1681	28.8338	2.2016
0.41	5.3423	0.1681	28.5405	2.1904
0.44	5.5215	0.1936	30.4865	2.4294
0.55	5.675	0.3025	32.2061	3.1213
0.64	4.4892	0.4096	20.1529	2.8731
0.76	4.8465	0.5776	23.489	3.6834
0.77	3.7977	0.5929	14.4228	2.9243
0.87	5.9256	0.7569	35.1126	5.1553
6.17	97.9768	3.4965	542.1272	31.6881

Для приведенных в таблице 3.20 данных система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} 18a + 6.17 \cdot b = 97.977 \\ 6.17 \cdot a + 3.497 \cdot b = 31.688 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты регрессии равны:  $b = -1.3725$ ,  $a = 5.9136$

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = e^{5.9136051324089} e^{-1.3725x} = 370.03779 e^{-1.3725x}$$

Значение индекса корреляции равно:  $R = \sqrt{1 - \frac{1418747,71}{1606061,16}} = 0,342$

Полученная величина свидетельствует о том, что исследуемые показатели оказывают друг на друга умеренное влияние, что может быть обусловлено обширной площадью распространения лесных пожаров в

Сухобузимском и Тинском лесничествах. Причины возникновения данных пожаров приведены в таблице 3.23.

Таблица 3.23 – Причины возникновения пожаров в лесничествах Сухобузимское и Тинское

Лесничества	Количество возгораний	Вина населения	Линейные объекты	Пожар перешел с земель иных категорий
Сухобузимское	30	6 / 20%	-	24 / 80%
Тинское	28	27 / 96,4 %	1 / 3,6%	-

\* По данным карты лесных пожаров за 2019 год (ПриложениеА).

По данным таблицы 3.23, можно заключить, что в Сухобузимском лесничестве 20% возгораний произошло по вине населения и 80% по причине перехода пожаров с земель иных категорий. В Тинском лесничестве больший процент возгорания отмечается по вине населения (96,4%), что обусловлено близким расположением земель лесничества к населенным пунктам.

Исходя из обозначенного выше, в целях чистоты эксперимента, необходимо провести детальный анализ исходных статистических данных, за исключением отмеченных лесничеств. Расчетный эксперимент произведен аналогично предыдущему расчетам. Гистограмма сводных статистических данных представлена на рисунке 3.37. Поле корреляции приведено на рисунке 3.38. Расчет параметров регрессии приведен в таблице 3.24.

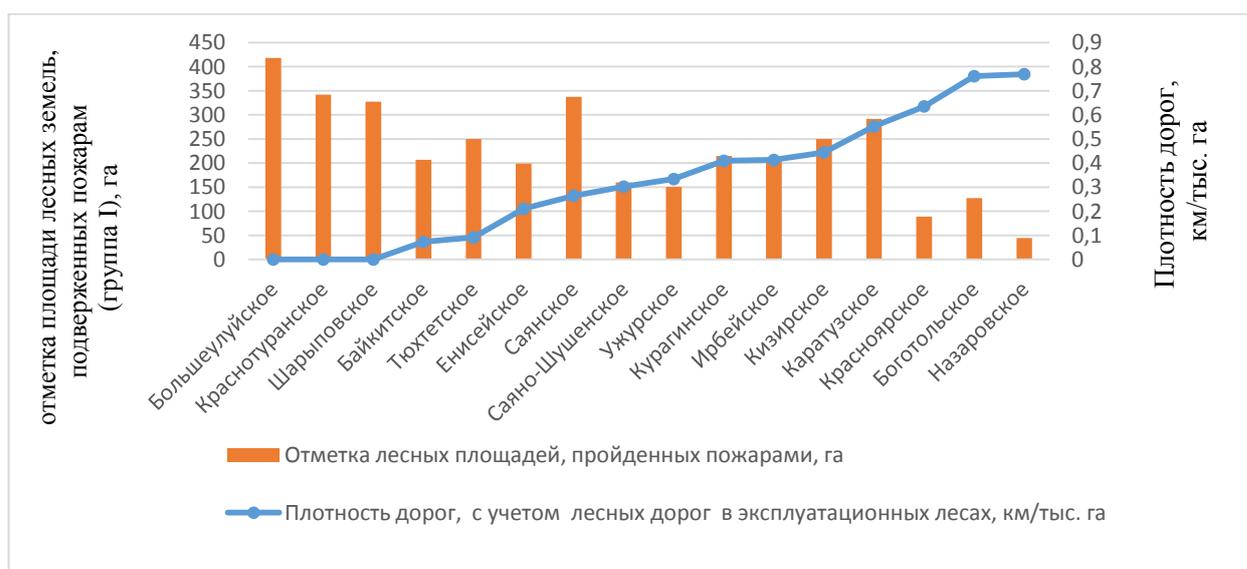


Рисунок 3.37 – Зависимость отметки площадей лесных земель, пройденных пожарами от плотности лесных дорог по лесничествам I группы

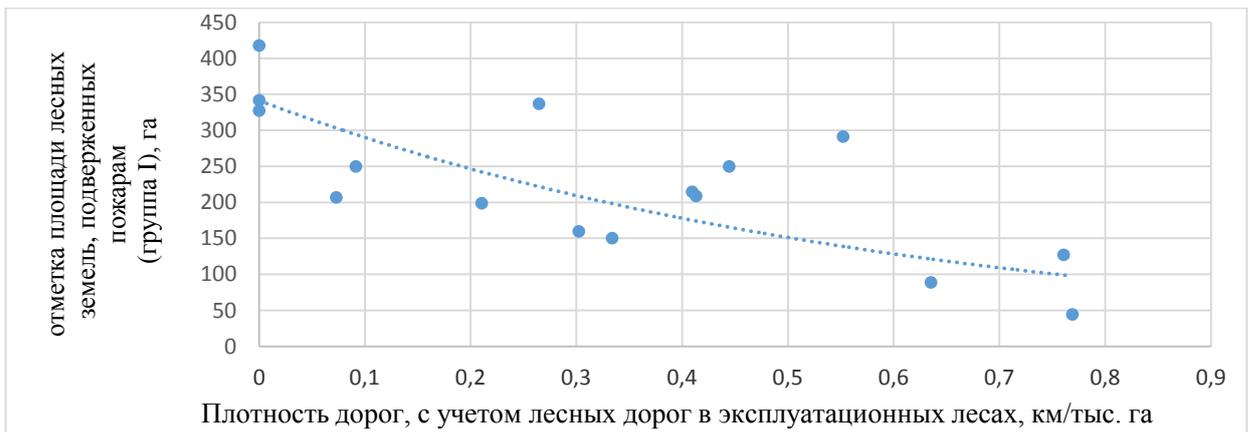


Рисунок 3.38 - Поле корреляции зависимости отметки площадей лесных земель, пройденных пожарами, от плотности лесных дорог в лесничествах I группы

Таблица 3.24 - Расчет параметров регрессии (лесничества группы I)

x	ln(y)	x <sup>2</sup>	ln(y) <sup>2</sup>	x*ln(y)
0	6.0355	0	36.427	0
0	5.8348	0	34.045	0
0	5.7918	0	33.5449	0
0.0729	5.3327	0.00531	28.4379	0.3888
0.09145	5.5215	0.00836	30.4865	0.5049
0.2104	5.2933	0.04428	28.0191	1.1139
0.2646	5.8201	0.07001	33.8734	1.5399
0.3022	5.0745	0.09134	25.751	1.5337
0.3338	5.014	0.1114	25.1398	1.6735
0.4094	5.3697	0.1676	28.8338	2.1985
0.4131	5.3423	0.1707	28.5405	2.2069
0.4444	5.5215	0.1975	30.4865	2.4537
0.5521	5.675	0.3049	32.2061	3.1334
0.6352	4.4892	0.4035	20.1529	2.8515
0.7607	4.8465	0.5786	23.489	3.6867
0.7689	3.7977	0.5912	14.4228	2.9201
5.2592	84.7602	2.7447	453.8563	26.2056

Для приведенных в таблице 3.20 данных система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} 16a + 5.259 \cdot b = 84.76 \\ 5.259 \cdot a + 2.745 \cdot b = 26.206 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты регрессии равны:  $b = -1.6292$ ,  $a = 5.833$

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = e^{5.8330404279889} e^{-1.6292x} = 341.39509 e^{-1.6292x}$$

Значение индекса корреляции составит:  $R = \sqrt{1 - \frac{74911,33}{151382,56}} = 0,711$

Полученная величина индекса корреляционной взаимосвязи исследуемых параметров свидетельствует о том, что отмеченные параметры

существенно влияют друг на друга. В целях дальнейшего производства вычислительного эксперимента рассмотрим вторую группу лесничеств с плотностью лесных дорог от 1 до 5 км на 1000 га. Вычислительный эксперимент произведен аналогично предыдущему расчету. Гистограмма сводных статистических данных представлена на рисунке 3.39. Поле корреляции приведено на рисунке 3.40. Расчет параметров регрессии приведен в таблице 3.25.

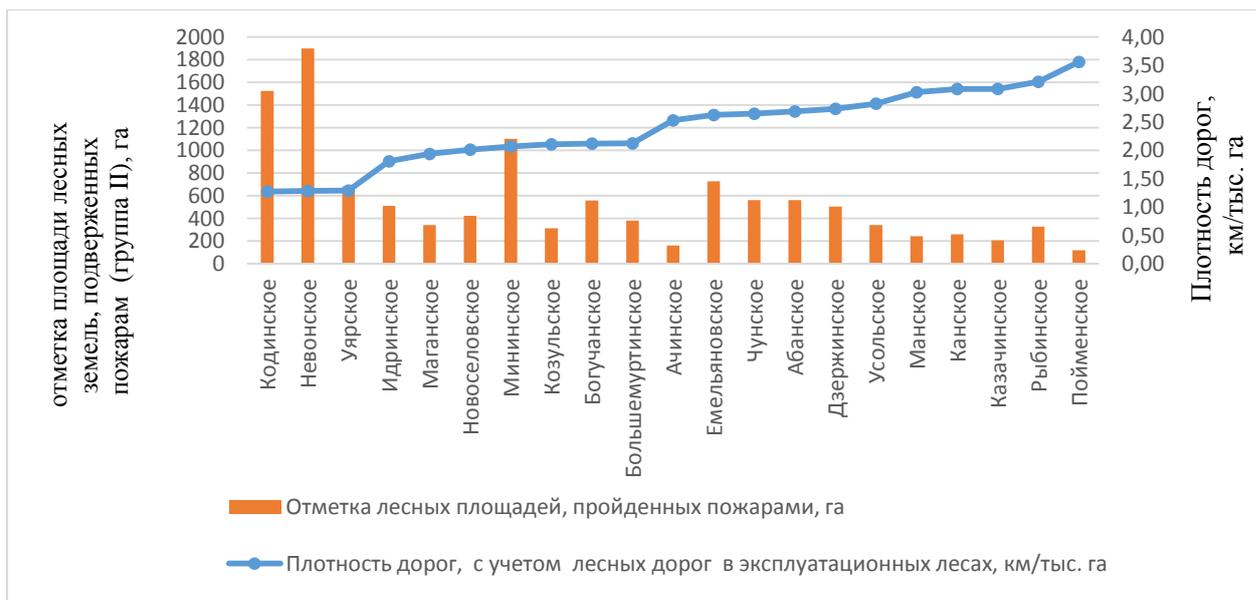


Рисунок 3.39 – Зависимость отметки площадей лесных земель, пройденных пожарами от плотности лесных дорог по лесничествам II группы

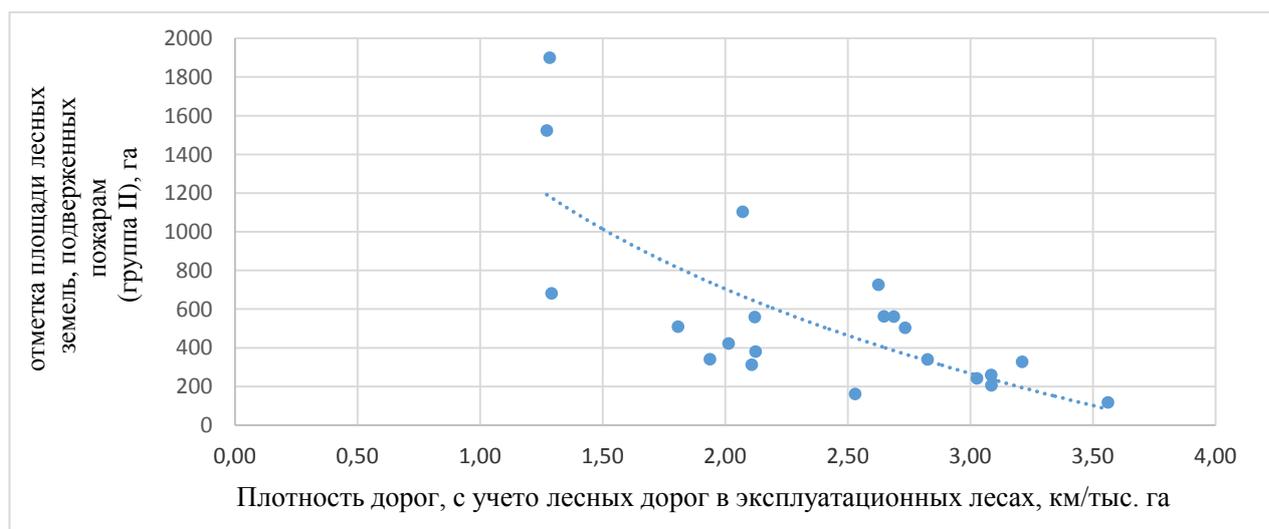


Рисунок 3.40 – Поле корреляции зависимости отметки площадей лесных земель, пройденных пожарами, от плотности лесных дорог в лесничествах II группы

Таблица 3.25 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы II)

ln(x)	y	ln(x) <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	ln(x)*y
0.239	1524.055	0.05713	2322743.643	364.2749
0.2469	1900.4	0.06094	3611520.16	469.1329
0.2546	681.9	0.06484	464987.61	173.6405
0.5933	509.8	0.352	259896.04	302.478
0.6627	341.3	0.4392	116485.69	226.1754
0.6981	422.8	0.4874	178759.84	295.1714
0.7275	1103.7	0.5293	1218153.69	802.9954
0.7467	313	0.5575	97969	233.7133
0.7514	559.5	0.5646	313040.25	420.4173
0.7514	380.99	0.5646	145153.3801	286.282
0.9282	161.8	0.8616	26179.24	150.1859
0.967	726.5	0.9351	527802.25	702.5138
0.9746	562.8	0.9498	316743.84	548.4822
0.9895	561.8	0.9792	315619.24	555.9242
1.0043	504	1.0086	254016	506.168
1.0403	340.36	1.0822	115844.9296	354.0686
1.1086	242.4	1.2289	58757.76	268.7156
1.1282	260.2	1.2728	67704.04	293.5501
1.1282	206.4	1.2728	42600.96	232.8545
1.1663	328	1.3602	107584	382.5369
1.2698	118	1.6123	13924	149.8317
17.3766	11749.705	16.241	10575485.5627	7719.1126

Система уравнений для нахождения эмпирических коэффициентов регрессии имеет следующий вид:

$$\begin{cases} 21a + 17.377 \cdot b = 11749.705 \\ 17.377 \cdot a + 16.241 \cdot b = 7719.113 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты регрессии равны:  $b = -1075.4877$ ,  $a = 1449.4275$ . Уравнение регрессии представлено следующим выражением:  $y = -1075.4877 \ln(x) + 1449.4275$ . Значение индекса корреляции равно:

$$R = \sqrt{1 - \frac{1846950,87}{4001410,92}} = 0,734.$$

Полученная величина свидетельствует о существенной взаимосвязи исследуемых параметров. В целях дальнейшего производства вычислительного эксперимента, рассмотрим третью группу лесничеств, с плотностью от 5 км/тыс. га и более.

Расчетный эксперимент произведен аналогично предыдущему вычислению. Гистограмма сводных статистических данных представлена на

рисунке 3.41. Поле корреляции приведено на рисунке 3.42. Расчет параметров регрессии приведен в таблице 3.26.

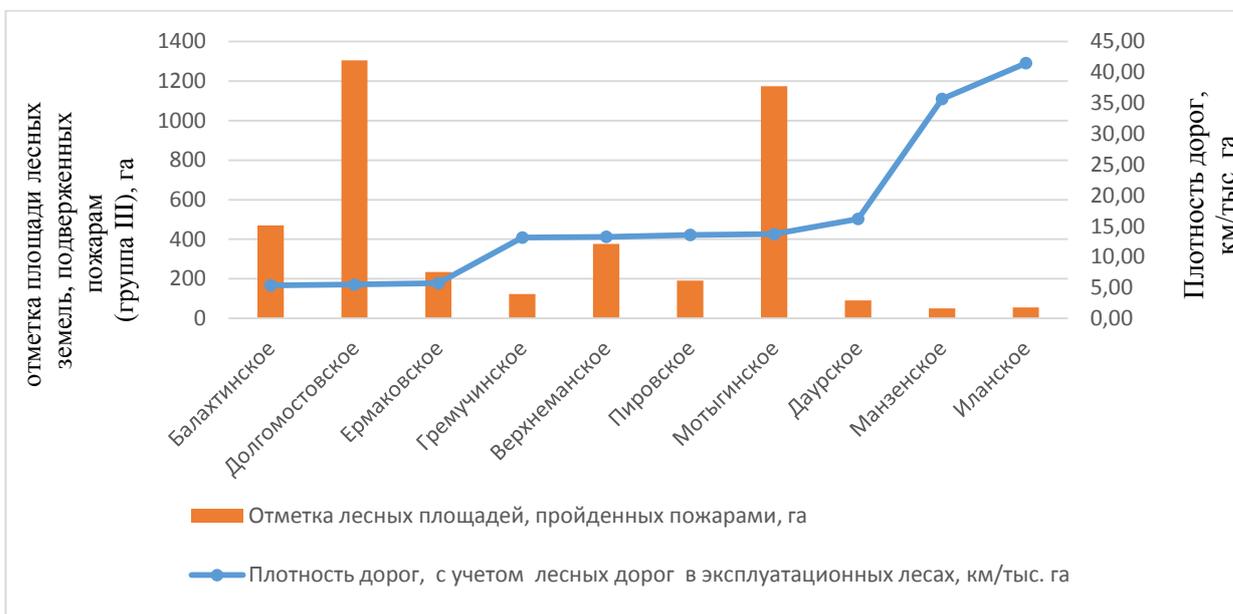


Рисунок 3.41 - Зависимость отметки площадей лесных земель, пройденных пожарами от плотности лесных дорог по лесничествам III группы

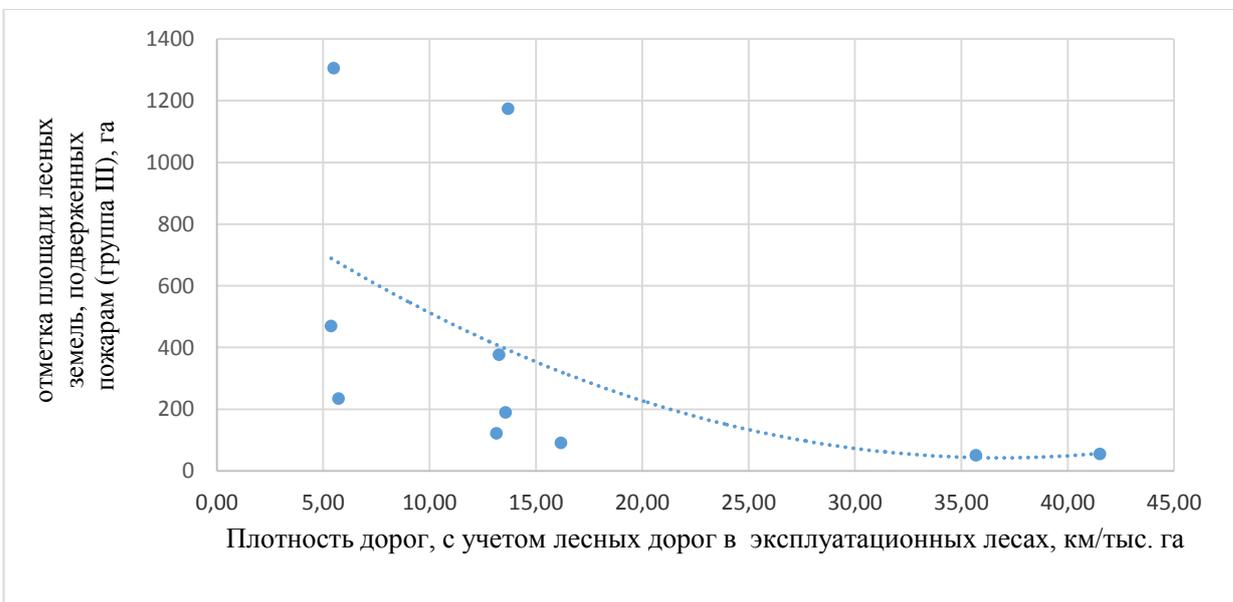


Рисунок 3.42 – Поле корреляции зависимости отметки площадей лесных земель, пройденных пожарами, от плотности лесных дорог в лесничествах III группы

Таблица 3.26 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы III)

ln(x)	y	ln(x) <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>	ln(x)*y
0.7292	470	0.5317	220900	342.7075
0.7396	1306	0.547	1705636	965.8815
0.7566	234.8	0.5725	55131.04	177.6582
1.1186	122.1	1.2513	14908.41	136.5805
1.1225	377	1.2601	142129	423.1989
1.1326	189.9	1.2827	36062.01	215.0769
1.1364	1174.51	1.2914	1379473.7401	1334.7172
1.2087	91.2	1.461	8317.44	110.2344
1.5524	50.9	2.41	2590.81	79.0184
1.6182	55.25	2.6184	3052.5625	89.4029
11.1148	4071.66	13.2261	3568201.0126	3874.4763

Система уравнений для нахождения эмпирических коэффициентов регрессии имеет следующий вид:

$$\begin{cases} 10a + 11.115 \cdot b = 4071.66 \\ 11.115 \cdot a + 13.226 \cdot b = 3874.476 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты регрессии равны:  $b = -746.4546$ ,  
 $a = 1236.8341$  Уравнение регрессии в данном случае принимает следующий вид:  $y = -746.4546 \ln(x) + 1236.8341$

Значение индекса корреляции равно:  $R = \sqrt{1 - \frac{1424353,8}{1910359,5}} = 0,504$

Полученная величина индекса корреляции свидетельствует о том, что исследуемые показатели оказывают друг на друга умеренное влияние, что обусловлено обширной площадью распространения пожаров в Долгомостовском и Мотыгинском лесничествах. Причины возникновения пожаров в данных лесничествах представлены в таблице 3.27.

Таблица 3.27 – Причины возникновения пожаров в лесничествах Долгомостовское и Мотыгинское

Лесничества	Количество возгораний	Вина населения	Грозы	Пожар перешел с земельных категорий
Долгомостовское	23	12 / 52,2%	8 / 34,8%	3 / 13%
Мотыгинское	23	3 / 13%	20 / 87%	-

\* По данным карты лесных пожаров за 2019 год (Приложение А).

Исходя из данных, приведенных в вышепредставленной таблице, основная причина возникновения пожаров в Мотыгинском лесничестве – природно-климатические условия случайного характера. В Долгомостовском

лесничестве больший процент возгораний отмечается по вине населения (52,2%), что обусловлено близким расположением земель лесничества к населенным пунктам. Исходя из обозначенного выше, в целях чистоты эксперимента, необходимо провести детальный анализ исходных статистических данных, за исключением отмеченных лесничеств. Расчетный эксперимент произведен аналогично предыдущему вычислению. Гистограмма сводных статистических данных представлена на рисунке 3.43. Поле корреляции приведено на рисунке 3.44. Расчет параметров регрессии приведен в таблице 3.28.

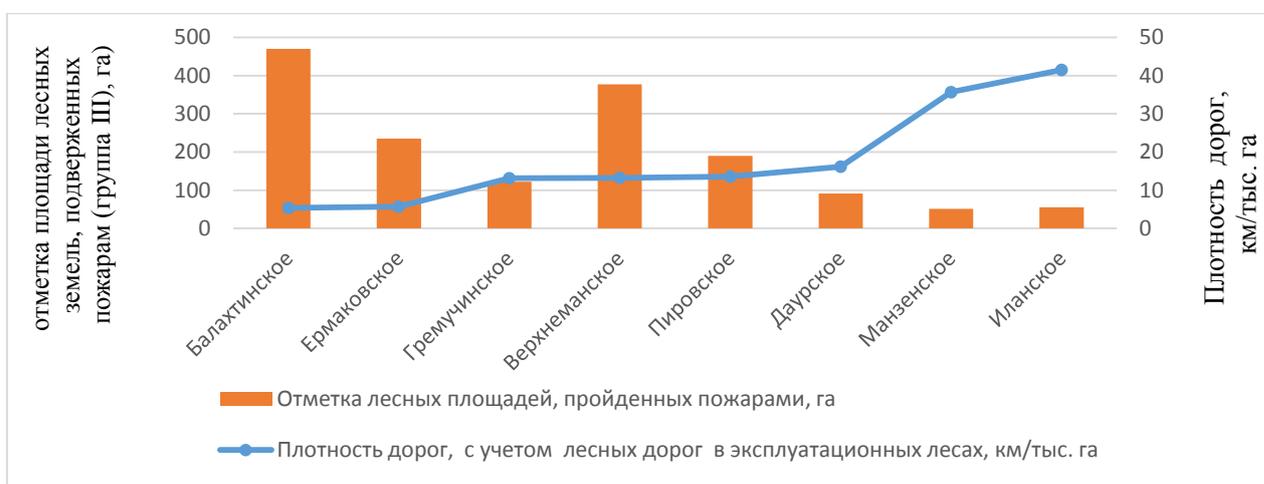


Рисунок 3.43 – Зависимость отметки площадей лесных земель, пройденных пожарами от плотности лесных дорог по лесничествам III группы

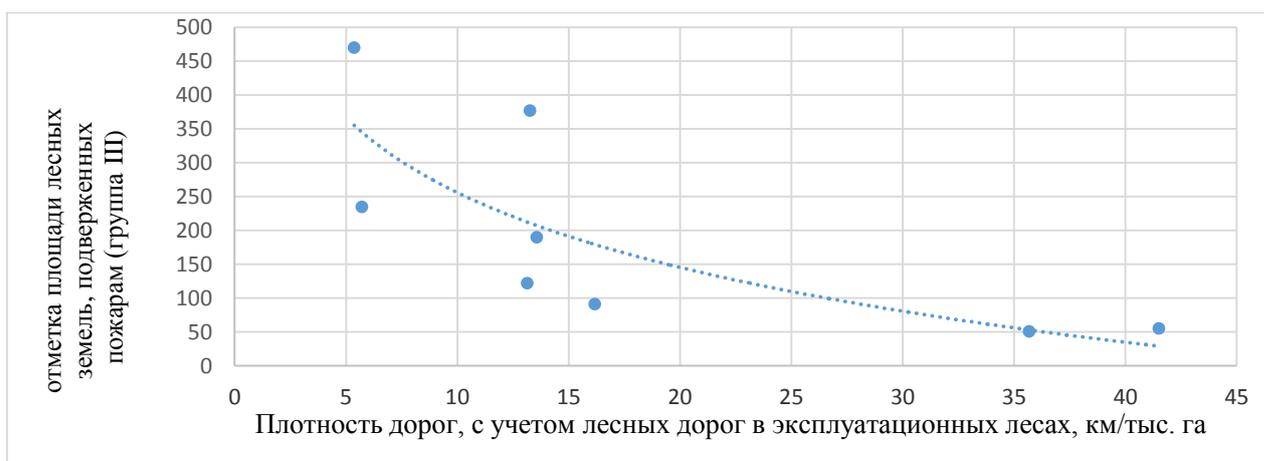


Рисунок 3.44 – Поле корреляции зависимости отметки площадей лесных земель, пройденных пожарами, от плотности лесных дорог в лесничествах III группы

Таблица 3.28 – Расчет параметров регрессии (лесничества группы III)

$\ln(x)$	$y$	$\ln(x)^2$	$y^2$	$\ln(x) \cdot y$
1.6798	470	2.8216	220900	789.491
1.7431	234.8	3.0383	55131.04	409.2741
2.5756	122.1	6.6339	14908.41	314.4851
2.5849	377	6.6819	142129	974.5186
2.6077	189.9	6.8003	36062.01	495.2094
2.7834	91.2	7.7472	8317.44	253.8444
3.5746	50.9	12.778	2590.81	181.9491
3.7259	55.25	13.8824	3052.5625	205.8562
21.2751	1591.15	60.3836	483091.2725	3624.6278

Система уравнений для нахождения эмпирических коэффициентов регрессии имеет следующий вид:

$$\begin{cases} 8a + 21.275 \cdot b = 1591.15 \\ 21.275 \cdot a + 60.384 \cdot b = 3624.628 \end{cases}$$

Эмпирические коэффициенты регрессии равны:

$$b = -159.4867, a = 623.0301.$$

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = -159.4867 \ln(x) + 623.0301$$

$$\text{Значение индекса корреляции составит: } R = \sqrt{1 - \frac{69836,87}{166621,48}} = 0,762$$

Полученная величина свидетельствует о существенном влиянии друг на друга исследуемых показателей.

Завершающим шагом в исследовании влияния уровня развития лесотранспортной сети на технико-эколого-социо-экономическое развитие отрасли и территорий лесного фонда является определение усредненных значений индексов корреляционной взаимосвязи исследуемых параметров посредством использования формулы средней геометрической величины, по группам плотности дорожной сети. Сводные результаты произведенного эксперимента представлены в таблице 3.29.

$$R_I^{cp} = \sqrt[5]{0,814 \cdot 0,739 \cdot 0,842 \cdot 0,712 \cdot 0,711} = 0,762$$

$$R_{II}^{cp} = \sqrt[5]{0,727 \cdot 0,760 \cdot 0,721 \cdot 0,744 \cdot 0,734} = 0,737$$

$$R_{III}^{cp} = \sqrt[5]{0,772 \cdot 0,739 \cdot 0,821 \cdot 0,802 \cdot 0,762} = 0,779$$

Таблица 3.29 - Сводные значения показателя степени влияния уровня развития лесотранспортной сети на продуктивность лесных земель

Наименование сопряженного показателя по группам лесничеств	Метод обработки статистических данных	Уравнение регрессии	Значение индекса корреляционной взаимосвязи
<b>I ГРУППА лесничеств</b>			
Объем выхода деловой древесины (главное лесопользование)		$y = e^{7.1903499920353} e^{-2.7092x}$ $= 1326.56741 e^{-2.7092x}$	0,761
Объем разрешенного (побочного) лесопользования		$y = e^{11.899195047431} e^{3.1018x}$ $= 147148.13029 e^{3.1018x}$	0,830
Качество проведения лесохозяйственных мероприятий		$y = e^{3.1231659854583} e^{1.4158x}$ $= 22.71819 e^{1.4158x}$	0,742
Качество проведения противопожарных мероприятий		$y = e^{5.8606036048718} e^{-2.0177x}$ $= 350.93591 e^{-2.0177x}$	0,787
<b>II ГРУППА лесничеств</b>			
Объем выхода деловой древесины (главное лесопользование)		$y = e^{6.6393640464445} e^{-0.4574x}$ $= 764.60858 e^{-0.4574x}$	0,729
Объем разрешенного (побочного) лесопользования		$y = e^{2.078248658281} e^{1.0009x}$ $= 7.99046 e^{1.0009x}$	0,720
Качество проведения лесохозяйственных мероприятий		$y = e^{7.3326323817363} e^{-0.5746x}$ $= 1529.40245 e^{-0.5746x}$	0,821
Качество проведения противопожарных мероприятий		$y = e^{11.174948771852} e^{0.649x}$ $= 71321.19105 e^{0.649x}$	0,760
<b>III ГРУППА лесничеств</b>			
Объем выхода деловой древесины (главное лесопользование)		$y = e^{6.3876937858554} e^{-0.02903x}$ $= 594.48399 e^{-0.02903x}$	0,850
Объем разрешенного (побочного) лесопользования		$y = e^{12.517444233514} e^{0.02066x}$ $= 273059.29094 e^{0.02066x}$	0,783
Качество проведения лесохозяйственных мероприятий		$y = e^{3.8338534119229} e^{0.01612x}$ $= 46.24038 e^{0.01612x}$	0,764
Качество проведения противопожарных мероприятий		$y = e^{6.672119131839} e^{-0.06589x}$ $= 790.06809 e^{-0.06589x}$	0,789

Согласно данным таблицы 3.29 можно сделать вывод об установленной экспериментальным путем тесной связи между уровнем развитости лесотранспортной сети и технико-эколого-социо-экономическим развитием отрасли и территорий лесного фонда.

### 3.3 Выводы по третьему разделу

Подводя итоги по третьему разделу диссертационного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Исследование произведено на основании фактических данных модели зависимости технико-эколого-социо-экономических показателей лесной отрасли от уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда.

2. Расчет количественных изменений анализируемого явления при прогнозировании взаимосвязи исследуемых параметров показал следующее:

- на базе обработки статистических данных методом корреляционно-регрессионного анализа выявлена и оценена степень влияния уровня развития лесотранспортной сети на качество проведения лесохозяйственных мероприятий, которая составляет, согласно высокому значению индекса корреляции, обуславливающему сопряженность исследуемых параметров, от 0,712 до 0,802 по взаимозависимости уровня развития лесотранспортной сети и лесовосстановительных работ; от 0,711 до 0,762 по взаимозависимости уровня развития лесотранспортной сети и противопожарных мероприятий. Полученные значения индекса корреляции указывают на наличие прямой зависимости между исследуемыми параметрами, то есть, чем более развита транспортная сеть на территории лесного фонда, тем выше качество проведения искусственного лесовосстановления. Также следует отметить, что чем более развита лесотранспортная сеть, тем выше количество возгораний на территориях лесного фонда (данное обстоятельство обусловлено влиянием антропогенного фактора), но площадь территорий лесного фонда, пройденная пожарами, в условиях развитости лесных транспортных сетей значительно меньше (более 60%) площади, пройденной лесными пожарами в условиях неразвитости либо полного отсутствия лесотранспортных сетей, несмотря на меньшее число очагов возгорания;

- установлена взаимосвязь между уровнем развития лесотранспортной сети и продуктивностью территории лесного фонда на основе критерия комплексной технико-социо-эколого-экономической эффективности посредством производства корреляционно-регрессионного анализа. Данная

взаимосвязь является тесной, согласно высокому значению индекса корреляции, обуславливающей сопряженность исследуемых параметров: от 0,739 до 0,760 по взаимозависимости уровня развития лесотранспортной сети и объемами выхода деловой древесины лиственных пород; от 0,727 до 0,814-хвойных пород и от 0,721 до 0,821 по разрешенному лесопользованию. Данное обстоятельство определено наличием обратно-пропорциональной зависимости между исследуемыми параметрами. То есть, чем более развита транспортная сеть на территории лесного фонда, тем ниже объем выхода деловой древесины с 1 га, так как в зоне тяготения лесных дорог территории практически освоены в рамках главного пользования, а восстановленные лесные массивы не созрели до возраста рубки.

3. В рамках производства вычислительного эксперимента были выявлены отклонения от гипотезы, выдвигаемой в диссертационном исследовании, о наличии тесной взаимосвязи между уровнем развитости лесотранспортной сети и технико-эколого-социо-экономическим развитием отрасли, а также территорий лесного фонда. Данные отклонения были определены нами экспериментальным путем как несущественные расчетные погрешности. Отмеченные погрешности являются величинами случайного характера, к которым следует относить: влияние факторов антропогенного и естественного происхождения, изменчивость условий и предмета труда, непланомерность производительности оборудования, неравномерность материальных и финансовых потоков и т.п.

Учитывая вышеизложенное, на основе установленных зависимостей применительно к объекту исследования, становится научно обоснованной задача разработки: методики экономической оценки ресурсного потенциала лесных территорий в условиях многоцелевого лесопользования, методики оценки эффективности лесовосстановительных мероприятий и методики оценки экологического ущерба лесным экосистемам с учётом параметров ТСЛФ.

## 4 Методики оценивания эффективности реализации лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда

### 4.1 Общие положения

Как было отмечено в предыдущих главах настоящего исследования, в современных экономических условиях перед отраслью стоит задача обеспечения многоцелевого, рационального, непрерывного, неистощимого лесопользования. Очевидно, что одним из ключевых факторов достижения устойчивого управления лесами является эффективность использования ресурсного потенциала лесных территорий, т.е. достижение в процессе лесопользования максимальной продуктивности лесных земель. При этом очевидно, что наличие и уровень развития транспортной сети на территории лесного фонда имеет решающее значение, поскольку без нее практически невозможно любое использование лесов. Поэтому, в условиях экологической направленности современного лесопользования, разработка методов оценки продуктивности лесных территорий в условиях многоцелевого лесопользования с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда является одной из важнейших задач. В этой связи в данной главе настоящего исследования представлены методологические разработки по обозначенной проблематике.

В основе представленных методологических разработок лежит инструментарий экономико-математического моделирования в контексте комбинаторного подхода с учетом динамической составляющей потоковых процессов. Подобное моделирование наиболее полно отражает специфику отрасли [11, 20, 30, 33, 35, 146, 149, 240, 273 и др.].

Методологические разработки форматизированы с помощью моделей, оценивающих влияния уровня развития лесотранспортной сети на

продуктивность лесных территорий, посредством расчета показателей эффективности управления лесами и лесопользованием в аспекте капиталоотдачи ТСЛФ. Указанные модели представлены подробным описанием всех входящих зависимостей в их целевые функции и системы ограничений.

#### 4.2 Методика оценки эффективности использования ресурсного потенциала лесных земель с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда

В целях повышения эффективности планирования ведения лесного хозяйства, отвечающего требованиям устойчивого управления лесами, в данном параграфе нами предлагается методика интегрального исчисления ресурсного потенциала лесных земель с учетом параметров транспортной сети на территории лесного фонда в динамической постановке. Обозначенная методика представлена экономико-математической моделью, адаптированной к специфике отрасли.

Показатель, определяющий ресурсный потенциал ( $\Pi_{л}$ ) лесных земель, можно представить как разность между суммарной капитализированной валовой выручкой в аспекте многоцелевого лесопользования и суммарными капитализированными затратами за весь период освоения территории лесного фонда и определяется выражением (4.1):

$$\Pi_{л} = V_{вал}^T - S, \quad (4.1)$$

где  $V_{вал}^T$  – суммарная капитализированная валовая выручка от всех видов лесопользования на 1 га лесных земель, руб./га;

$S$  – суммарные капитализированные затраты на 1 га лесных земель, руб./га.

Суммарная капитализированная валовая выручка по видам лесопользования за весь период освоения территории лесного фонда определяется следующим выражением:

$$\left\{ \begin{array}{l} B_{\text{вал}}^T = \frac{\sum_{t=0}^T (B_g(t) + B_{\text{под}}(t) + B_{\text{поб}}(t) + B_{\text{пф}}(t))}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \rightarrow \max \\ B_g(t) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L [C_{il}^3(t) + C_{ijk}^{\text{TP}}(t) + C_{ijk}^{\text{Tex}}(t)] \cdot Q_{ijk}^3(t) \\ B_{\text{под}}(t) = C^{\text{год}} \cdot K_p^{\text{об}}, \\ B_{\text{поб}}(t) = 100 C_B^{\text{год}} \\ B_{\text{пф}}(t) = \sum_{t=0}^T (Q_l^3(t) \cdot K_l^{\text{пог}}(t)) \cdot C^B \end{array} \right. \quad (4.2)$$

где  $B_g(t)$  – валовая выручка посредством отпуска древесины на корню на 1 га лесных земель, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$B_{\text{под}}(t)$  – валовая выручка от подсочки на 1 га леса, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$B_{\text{поб}}(t)$  – валовая выручка от побочного лесопользования: туризма, охоты, спорта и др. целей принимается, согласно источнику [168] равным стократной величине годового размера лесных податей, взимаемых за соответствующий вид лесопользования на оцениваемом участке лесных земель, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$B_{\text{пф}}(t)$  – валовая выручка от продуцирования углеродепонирующей функции лесов на 1 га леса, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$C_{il}^3(t)$  – стоимость древесины  $l$ -породы на  $i$ -том гектаре на корню (второстепенных лесных ресурсов)  $l \in \{1, \dots, L\}$ , руб./га, на момент времени  $t$ ;

$C_{ijk}^{\text{TP}}(t)$  – транспортные расходы на вывозку при заготовке объема запаса лесного сырья  $i$ -того гектара,  $i \in \{1, \dots, m\}$ , на  $j$ -тый склад (прирельсовый участок, потребителю),  $j \in \{1, \dots, n\}$ ,  $k$ -тым типом транспорта  $k \in \{1, \dots, K\}$ , руб./га, на момент времени  $t$ ;

$C_{ijk}^{\text{Tex}}(t)$  – технологические затраты при заготовке объема запаса лесного сырья, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$Q_{ijk}^3(t)$  – объем запаса древесины на корню  $l$ -породы (второстепенных лесных ресурсов), на момент времени  $t$ ;

$e$  – коэффициент дисконтирования;

$T$  – период освоения территории лесного фонда, лет;

$t$  – время от момента оценки до момента заготовки ресурса,  $t \in \{0, \dots, T\}$ , лет;

$C^{\text{год}}$  – годовая ставка лесных податей, взимаемых за подсочку 1 га насаждений;

$K_p^{\text{об}}$  – коэффициент оборота рубки, изменяется от 16,39 до 4,59 при обороте рубки от 50 до 120 лет, соответственно;

$C_B^{\text{год}}$  – годовой размер лесных податей, взимаемый за соответствующий вид лесопользования [168];

$K_l^{\text{пог}}(t)$  – коэффициент поглощения  $\text{CO}_2$  лесами  $l$ -породы породы  $i$ -того гектара на момент времени  $t$ ;

$Q_l^3(t)$  – объем запасов лесов  $l$ -породы породы на  $i$ -том гектаре, на момент времени  $t$ ;

$C^B$  – удельная оценочная стоимость функции поглощения  $\text{CO}_2$  на момент времени  $t$ , руб./га.

Следует отметить, что расчет показателей косвенной стоимости использования лесных ресурсов и так называемых «невесомых» полезностей леса рассчитывается согласно источнику [35].

Необходимо отметить, что древесина на корню для средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных насаждений оценивается по действующим в момент оценки ставкам лесных податей за древесину. Таким же образом производится оценка древесины на корню, на гарях, прогалинах, редицах, погибших насаждений и т.п. с учетом реальной потребительской стоимости этой древесины.

Суммарные капитализированные затраты (затраты, связанные с лесозаготовками, лесовосстановлением, строительством и эксплуатацией ТСЛФ за период освоения территории лесного фонда) определяются выражением (3):

$$S = \sum_{t=0}^T \frac{(\Pi_3 + \Pi_B + \Pi_r + \Pi_y + P'_{ij} \Delta t(t))}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \rightarrow \min \quad (4.3)$$

$\Pi_3$  – приведенные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛФ, руб./га., на момент времени  $t$ ;

$\Pi_B$  – нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов, гарантирующие их восстановление на вырубках, выращивание до возраста зрелости, охрану и защиту, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$\Pi_r$  – затраты на содержание социальной инфраструктуры, создаваемой в связи с использованием водных ресурсов, руб./га., на момент времени  $t$ ;

$\Pi_y$ - неучтенный в хозяйственной деятельности ущерб от загрязнения окружающей среды, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$P'_{ij}$  – омертвление актива лесного хозяйства (не реализация) от не освоения территории лесного фонда ввиду отсутствия лесной дорожной сети, на момент времени  $t$ , руб./га;

$\Delta t$  – период не освоения территории лесного фонда.

$P'_{ij}$  рассматривается нами как издержки, включающие в себя потенциальный доход, упущенный вследствие откладывания поступлений доходов от лесопользования плюс издержки удаления доходов от будущих производственных циклов на период времени  $\Delta t$ .

Согласно выведенным зависимостям, эффективность использования ресурсного потенциала лесных земель ( $\text{ЭФ}_n(T)$ ) определяется отношением его величины к приведенные затратам на создание и эксплуатацию ТСЛФ за весь период освоения лесного фонда (выражение (4.4)):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ЭФ}_n(T) = \frac{\Pi_n(T)}{\Pi_3(T)} \times 100\% \\ \Pi_3(T) = \sum_{t=0}^T \frac{\Pi_3(t)}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \rightarrow \min \\ T = \sum_0^T t \end{array} \right. \quad (4.4)$$

При реализации предложенной нами математической модели интегральной экономической оценки комплексной продуктивности лесных земель с учетом планирования транспортной сети на территории лесного фонда следует учитывать следующие ограничения:

1. Окупаемость проекта планирования ТСЛФ:

$$\sum_{t=0}^T \frac{(B_g(t)+B_{\text{под}}(t)+B_{\text{поб}}(t)+B_{\text{пф}}(t))}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) > S \quad (4.5)$$

2. Финансовая устойчивость предприятия инвестирующего в проект планирования ТСЛФ:

$$\sum_{t=0}^T \frac{(\Pi_3+\Pi_в+\Pi_г+\Pi_у+P'_{ij} \cdot \Delta t(t))}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \leq \Pi_{\text{max}} \quad (4.6)$$

где  $\Pi_{\text{max}}$  – финансовые возможности предприятия, руб.

3. Транспортная доступность лесоучастков:

Согласно источнику [168] эффективное плечо вывозки лесного ресурса от  $i$ -того лесного участка до  $j$ -того склада сырья не должно превышать доступное с экономической точки зрения расстояние доставки.

$$L_{ij} \leq L_{\text{дост}} \quad (4.7)$$

где  $L_{ij}$  – расстояние между  $i$ -тым лесным участком и  $j$ -тым складом сырья, км.

4. Естественная неотрицательность грузопотоков:

$$Q_{ijk}(t) \geq 0, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n; \quad t = 0, \dots, T; \quad k = 1, \dots, K. \quad (4.8)$$

5. Требование непрерывного, неистощимого лесопользования:

$$\begin{aligned} & \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L ((Q_{ijk}(t+1)l \cdot [C_{ij} + C_{ijkl}^{\text{TP}} + C_{ijk}^{\text{Tex}}](t+1)l - \\ & \quad \Pi_3(t+1)l - \Pi_в(t+1)l - \Pi_г(t+1)l - \Pi_у(t+1)l - P'_{ij} \cdot \Delta t(t+1)l) - \\ & \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L ((Q_{ijk}(t)l \cdot [C_{ij} + C_{ijkl}^{\text{TP}} + C_{ijk}^{\text{Tex}}](t)l - \Pi_3(t)l - \\ & \Pi_в(t)l - \Pi_г(t)l - \Pi_у(t)l - P'_{ij} \cdot \Delta t(t))l) \geq 0, \quad l = 1, \dots, L. \quad (4.9) \end{aligned}$$

Предлагаемая математическая модель интегральной экономической оценки эффективности использования ресурсного потенциала лесных земель с учетом фактора планирования транспортной сети на территории лесного фонда обеспечивает комплексный подход к вычислению указанного показателя при многоцелевом лесопользовании. Она позволяет более объективно определить размер платы за перевод лесных земель в нелесные, размер платежей за пользование лесным фондом и оценивать результаты хозяйственной деятельности как лесопользователей, так и представителей органов управления лесным хозяйством.

#### 4.3 Методика оценки эффективности лесовосстановительных мероприятий с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда

Методика оценивания эффективности лесовосстановительных мероприятий с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда также представлена разработанной экономико-математической моделью, учитывающей отраслевую специфику.

В целях корректного описания математического аппарата и всех зависимостей входящих в модель оценивания эффективности лесовосстановительных мероприятий введем понятие – общий эффект от реализации лесовосстановительных мероприятий за весь период освоения территории лесного фонда с учетом планирования лесной транспортной сети.

Общий эффект от реализации лесовосстановительных мероприятий за весь период освоения территории лесного фонда с учетом планирования лесотранспортной сети  $\mathcal{E}^l(T)$  представляет собой отношение суммарной величины валовой прибыли от реализации древесины  $\Pi^{сп}(T)$  и валовой прибыли, включающей в себя доходы от побочного лесопользования, экологических и других полезностей леса  $\Pi^{эк}(T)$  к затратам на лесовозобновление по  $l$ -породам и  $d$ -тым ресурсам, т.е. обозначенная

величина показывает отдачу сегодняшних вложений в лесовосстановление в период  $t_0$  к будущим доходам от комплексного лесопользования в период  $t_i$ , и определяет эффективность обозначенных вложений.

Сумму затрат на лесовосстановление можно записать как  $\sum_l^L Z_{\text{лв}}(T) + \sum_d^D Z_{\text{лв}}(T)$ .

Данная суммарная величина складывается из консолидированных денежных потоков, затраченных на лесовосстановительные работы по этапам планирования лесотранспортной сети (этапам освоения территории лесного фонда)  $t$  с учетом дисконтирования обозначенных потоков к моменту оценивания.

Формализация вычисления величины общего эффекта от реализации лесовосстановительных мероприятий при условии наличия ТСЛФ может быть задана следующими условиями:

- условие сплошной рубки. В рамках обозначенного условия лес вырубается полностью ради древесины, следовательно, в данном случае показатель  $P^{\text{ЭК}}(T)$  равен нулю;

- условие выборочной рубки. При данном условии лес вырубается не полностью и пригоден для использования лесных территорий в других целях, следовательно, валовая прибыль определяется как сумма данных положительных финансовых результатов от главного и других видов лесопользования -  $P^{\text{СП}}(T) + P^{\text{ЭК}}(T)$ ;

- условие сохранения лесного фонда. При данном условии лес не вырубается, следовательно, в указанном случае показатель  $P^{\text{СП}}(T)$  равен нулю.

- условие восстановления лесных территорий в послепожарный период. В зависимости от размера негативного влияния лесных пожаров на территории лесного фонда, данное условие математически может быть описано либо условием сплошной рубки либо условием выборочной с учетом специфических статей затрат на лесовосстановление в послепожарный период.

Следует отметить, что значение показателей данных валовых прибылей определяется разницей между показателями соответствующих валовых выручек и сопутствующих их получению статей затрат. Касательно приведенных затрат на создание и эксплуатацию ТСЛФ, как за весь период освоения территории лесного фонда, так и по этапам строительства лесотранспортной сети логично заключить следующие. Очевидно, что показатель приведенных затрат на создание и эксплуатацию ТСЛФ ( $Z_3$ ) должен использоваться в целях получения лишь показателя  $P^{сп}(T)$ , но это не совсем верное утверждение, поскольку при условии выборочной рубки или же сохранности после лесного пожара части территории лесного фонда частично показатель  $P^{эк}(T)$  находится в прямой зависимости от наличия ТСЛФ (побочное лесопользование, рекреация и т.п.). Таким образом, по нашему мнению, приведенные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛФ в отличие от других статей затрат (строго соотнесенных по способам получения отмеченных выручек  $Z_c(T)$  и  $Z_d(T)$ ) должны вычитаться из суммарной экономической составляющей валовых доходов:

$$P^{сп}(T) + P^{эк}(T) = \left[ (B^{сп}(T) - Z_c(T)) + (B^{эк}(T) - Z_d(T)) \right] - Z_3(T) \quad (4.10)$$

$Z_c(T)$  – установленные для планируемого периода технически обоснованные нормы расхода сырья, основных и вспомогательных материалов, топлива и энергии, норм выработки и обслуживания рабочих мест, расчетов трудоемкости изготовления продукции и др., а также прогнозных расчетов по изменению уровня заработной платы, цен на сырье, материалы и др., с учетом иных факторов.

$Z_d(T)$  – технологические затраты, связанные с побочным лесопользованием, транспортные расходы, заработная плата основных и вспомогательных рабочих и др.

$Z_3(T)$  – включает в себя: затраты на создание ТСЛФ в период времени  $t$ , затраты на эксплуатацию ТСЛФ в период времени  $t$ , стоимость дорожно-строительных материалов, полуфабрикатов, конструкций и изделий,

транспортные расходы на доставку материалов и рабочих и прочие затраты, связанные со строительством и эксплуатацией транспортной сети на территории лесного фонда.

Отношение, описанное выражением (4.10) складывается, как уже отмечалось выше из консолидированных дисконтированных денежных потоков валовых выручек и приведенных затрат на строительства и эксплуатацию ТСЛФ по периодам освоения территорий лесного фонда  $t$  с учетом отмеченного обстоятельства выражение (4.10) принимает вид:

$$\sum_{t=0}^T \frac{\Pi^{cp}(t) + \Pi^{ek}(t)}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) = \sum_{t=0}^T \frac{[(B^{cp}(t) - 3_c(t)) + (B^{ek}(t) - 3_d(t))] - 3_3(t)}{(1+e)^t} \times \\ \times 1 + 1 + eT \quad (4.11)$$

Следует отметить, что сумма  $B^{cp}(T) + B^{ek}(T)$  представляет собой показатель, определяемый выражением (4.2).

Учитывая обозначенное выше, общий эффект от реализации лесовосстановительных мероприятий определяется по следующей формуле (4.12):

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathcal{E}^l(T) = \frac{\Pi^{cp}(T) + \Pi^{ek}(T)}{\sum_t^l 3_{лв}(T) + \sum_d^d 3_{лв}(T)} \times 100\% \\ 3_{лв}^l(T) = \sum_{t=0}^T \frac{3_{лв}^l(t)}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \\ 3_{лв}^d(T) = \sum_{t=0}^T \frac{3_{лв}^d(t)}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \\ T = \sum_0^T t \end{array} \right. \quad (4.12)$$

где  $3_{лв}(t)$  – нормативные затраты на воспроизводство  $l$ -той породы ( $d$ -того ресурса), гарантирующие ее (его) восстановление как на вырубках, так и после лесных пожаров, выращивание до возраста зрелости, охрану и защиту, руб./га., на момент времени  $t$ . Данный показатель включают в себя затраты, связанные с лесовосстановлением (затраты на посадочный материал, затраты на материалы и использование геодезических приборов, затраты на зарплату рабочих занятых на лесовосстановительных работах, транспортные расходы

на доставку рабочих до мест посадки, затраты на уход за лесными культурами по годам выращивания и т.д.) как до рубки, если использованию подлежал восстановленный лес, так и после использования ресурса.

Валовая прибыль от реализации древесных ресурсов ( $B^{cp}(T) - Z_c$ ) определяется выражением (4.13):

$$\begin{aligned} \Pi^{cp}(t) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L [C_{il}^3(t) + (C_{ijkl}^{TP}(t) + C_{ijl}^{Tex}(t)) \cdot \prod_{h=1}^H k_h(t)] \times \\ (Q_{il3t} + Q_{il3t-1} \times K_3) - P_{ij}' t \end{aligned} \quad (4.13)$$

где  $C_{il}^3(t)$  – стоимость древесины  $l$ -породы на  $i$ -том гектаре на корню, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$C_{ijkl}^{TP}(t)$  – транспортные расходы на вывозку при заготовке объема запаса  $l$ -породы с  $i$ -того гектара,  $i \in \{1, \dots, m\}$ , на  $j$ -тый склад (прирельсовый участок, потребителю),  $j \in \{1, \dots, n\}$ ,  $k$ -тым типом транспорта  $k \in \{1, \dots, K\}$ , руб./га, на момент времени  $t$ ;

$C_{ijl}^{Tex}(t)$  – технологические затраты при заготовке объема запаса  $l$ -породы, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$Q_{il}^3(t)$  – объем запаса древесины на корню  $l$ -породы, на момент времени  $t$ ;

$K_3$  – возрастной коэффициент для перевода запаса древесины возраста  $t - 1$  в запас спелой древесины возраста  $t$ ;

$k_h(t)$  – коэффициенты, корректирующие величину транспортных и технологических затрат в период времени  $t$  в зависимости от влияния таких факторов как: расстояние вывозки; природно-климатические условия, объем хлыста (согласно источнику [13] чем больше объем хлыста, тем меньше транспортные и технологические затраты) и т.п.;

$P_{ij}'(t)$  – омертвление актива лесного хозяйства (не реализация запаса  $l$ -породы) от не освоения территории лесного фонда ввиду отсутствия лесной дорожной сети на момент времени  $t$ , руб./га;

$\Delta t$  – период не освоения территории лесного фонда.

Сумма  $C_{il}^3(t) + C_{ijkl}^{TP}(t) + C_{ijl}^{Tex}(t)$  рассматривается нами как стоимость заготовленной и доставленной на  $j$ -тый склад (прирельсовый участок, потребителю) древесины  $l$ -породы, руб./м<sup>3</sup>.

$P'_{ij}(t)$  – рассматривается нами аналогично п. 4.2 настоящего исследования, необходимо отметить, что данный показатель в выражении (4.3) носит совокупный характер, а в контексте рассматриваемого метода разбивается на две величины, согласно главному и побочному лесопользованию.

Валовая прибыль, включающая в себя доходы от побочного лесопользования, экологических и других полезностей леса ( $B^{ЭК}(T) - Z_d$ ) определяется выражением (4.14), учитывая условия выражения (4.2):

$$\left\{ \begin{array}{l} \Pi^{ЭК}(t) = \Pi_g(t) + \Pi_{под}(t) + \Pi_{поб}(t) + \Pi_{пф}(t) + \Pi_h(t) \\ \Pi_g(t) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{d=1}^D [C_{id}^3(t) + C_{ijkd}^{TP}(t) + C_{ijd}^{Tex}(t)] \cdot Q_{id}^3(t) - \\ \quad - P''_{ij} \cdot \Delta t(t) \\ \Pi_{под}(t) = C^{год} \cdot K_p^{об} \\ \Pi_{поб}(t) = 100 C_B^{год} \\ \Pi_{пф}(t) = (Q_{il}^3(t) \cdot K_l^{пор}(t)) \cdot C^B \end{array} \right. \quad (4.14)$$

где  $C_{il}^3(t)$  – стоимость  $d$ -го второстепенного лесного ресурса на  $i$ -том гектаре, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$C_{ijkl}^{TP}(t)$  – транспортные расходы на вывозку при заготовке объема запаса второстепенного лесного ресурса с  $i$ -того гектара на  $j$ -тый склад (прирельсовый участок, потребителю),  $k$ -тым типом транспорта, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$C_{ijl}^{Tex}(t)$  – технологические затраты при заготовке объема запаса  $d$ -го лесного ресурса, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$Q_{id}^3(t)$  – объем запаса  $d$ -го лесного ресурса, на момент времени  $t$ ;

$\Pi_g(t)$  – прибыль от реализации  $d$ -тых лесных ресурсов на 1 га лесных земель, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$\Pi_h(t)$  – прибыль от не включенных в показатель  $\Pi_{пф}(t)$  полезных (в т.ч. средо- и почвозащитных) функций леса руб./га, на момент времени  $t$ ;

$\Pi_{под}(t)$  – прибыль от подсочки на 1 га леса, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$\Pi_{поб}(t)$  – прибыль от побочного лесопользования: туризма, охоты, спорта и др. целей принимается, согласно источнику [168] равным стократной величине годового размера лесных податей, взимаемых за соответствующий вид лесопользования на оцениваемом участке лесных земель, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$\Pi_{пф}(t)$  – прибыль от продуцирования углеродепонирующей функции лесов на 1 га леса, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$C^{год}$  – годовая ставка лесных податей, взимаемых за подсочку 1 га насаждений;

$K_p^{об}$  – коэффициент оборота рубки, изменяется от 16,39 до 4,59 при обороте рубки от 50 до 120 лет, соответственно;

$C_B^{год}$  – годовой размер лесных податей, взимаемый за соответствующий вид лесопользования [168];

$K_l^{пог}(t)$  – коэффициент поглощения  $CO_2$  лесами  $l$ -породы породы  $i$ -того гектара на момент времени  $t_i$ ;

$C^B$  – удельная оценочная стоимость функции поглощения  $CO_2$  на момент времени  $t$ , руб./га.;

Сумма  $C_{id}^3(t) + C_{ijkd}^{TP}(t) + C_{ijd}^{Tex}(t)$  рассматривается нами как стоимость заготовленного и доставленного на  $j$ -тый склад (прирельсовый участок, потребителю)  $d$ -тых лесных ресурсов, руб./га.

$P_{ij}''(t)$  – омертвление актива лесного хозяйства (не реализация запаса  $d$ -того лесного ресурса) от не освоения территории лесного фонда ввиду отсутствия лесной дорожной сети, на момент времени  $t$ , руб./га.;

$\Delta t$  – период не освоения территории лесного фонда.

Показатели косвенной стоимости использования лесных ресурсов и так называемых «невесомых» полезностей леса рассчитываются, согласно источнику [35], аналогично п.4.2.

Суммарные валовые прибыли, определяемые выражениями (4.13-4.14) представлены нами в выражении (4.12) за минусом показателя  $Z_3(t)$  по периодам формирования финансовых потоков  $t$  соответственно.

Также нами предлагается определять показатель общего эффекта от реализации лесовосстановительных мероприятий посредством уровня развития лесотранспортной сети не только в денежном эквиваленте, но и в процентном соотношении. Подобный подход необходим в целях планирования фонда на лесовосстановительные работы в периоде  $(t + 1)$ , поскольку, недоработка по лесовосстановительным мероприятиям в периоде освоения лесной территории  $t$ , будет оказывать негативное влияние на суммарную выручку от многоцелевого лесопользования, снижая ее путем увеличения статей затрат на лесовосстановление в периоде освоения территории лесного фонда  $(t + 1)$ .

Данный эффект должен определяться по каждому периоду от  $t_0$  до  $t_n$  нарастающим итогом в прогностических целях оценки деятельности хозяйствующего субъекта.

Учитывая вышеотмеченное, опираясь на исследование, произведенное в источнике [248], при разработке адекватной модели, следует отметить, что в указанном источнике интегрированное значение отмеченного показателя определялось с помощью формулы средней геометрической величины, нами предлагается производить данное вычисление с помощью логарифмов в целях обеспечения ускорения вычислений и снижения погрешности расчетов.

Итак, общий эффект от реализации лесовосстановительных мероприятий в долях (от его эталонного значения, или в случае равенства его эталонному значению, т.е. эталон -  $E^l(t) = 1$ ) либо при умножении

значения показателя на 100% в процентном выражении определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{д}}^{\text{л}}(t) = \sum_{i=1}^K \frac{\log K_i^{\text{эл}}(t)}{n} \quad (4.15)$$

где  $n$  – количество показателей  $K_i^{\text{эл}}$ ;

$K_i^{\text{эл}}$  – коэффициенты, определяющие эффективность лесовосстановительных мероприятий, которые могут определяться организацией самостоятельно исходя из поставленных задач, нами приводятся лишь основные показатели, являющиеся ключевыми при оценке критериального значения эффективности лесовосстановления:

1. Коэффициент воспроизводства лесов:

$$K_{\text{воспр}}^{\text{эл}} = S^{\text{пр}} / S^{\text{в}} \quad (4.16)$$

где  $S^{\text{пр}}$  – площадь лесного фонда, на которой были проведены активные лесовосстановительные мероприятия, га;

$S^{\text{в}}$  – площадь вырубленных и/или погибших лесов, га.

2. Коэффициент ввода молодняков в категорию хозяйственно ценных насаждений:

$$K_{\text{ввм}}^{\text{эл}} = S^{\text{м}} / S_{\text{общ}} \quad (4.17)$$

где  $S^{\text{м}}$  – площадь введенных молодняков в категорию хозяйственно ценных насаждений, га;

$S_{\text{общ}}$  – площадь сплошных вырубок или пройденной пожаром территории лесного фонда.

3. Коэффициент продуктивности молодняков, переведенных в покрытые лесом земли. Оценка показателя по отношению фактического древесного запаса к расчетному (запроектированному лесоустройством).

$$K_{\text{прм}}^{\text{эл}} = M^{\text{м}} / M_{\text{пл}} \quad (4.18)$$

где  $M^{\text{м}}$  – фактический древесный запас молодняков, переведенных в покрытые лесом земли, тыс. м<sup>3</sup>;

$M^{пл}$  – плановый древесный запас молодняков, переведенных в покрытые лесом земли, тыс. м<sup>3</sup>.

Нами приведена формализация расчета оценки лесовосстановления для древесных ресурсов, для расчета недревесных ресурсов нами предлагается использовать также выражение (4.15) с поправкой  $K_i^{эл}$ , согласно, необходимых мероприятий по восстановлению  $d$ -тых лесных ресурсов.

Учитывая обозначенную формализацию показателя оценки эффективности лесовосстановления, расчет статей затрат на период  $(t + 1)$  определяется выражением (4.19), по древесным и недревесным лесным ресурсам соответственно:

$$\begin{cases} \sum_l^L Z_{лв}(t + 1) = \sum_l^L Z_{лв}(t) + [(1 - \mathcal{E}_d^л(t)) \cdot \sum_l^L Z_{лв}(t)] \\ \sum_d^D Z_{лв}(t + 1) = \sum_d^D Z_{лв}(t) + [(1 - \mathcal{E}_{нд}^л(t)) \cdot \sum_d^D Z_{лв}(t)] \end{cases} \quad (4.19)$$

При реализации предложенной нами математической модели вычисления комплексного эффекта от реализации лесовосстановительных мероприятий с учетом проекта планирования транспортной сети на территории лесного фонда следует учитывать следующие ограничения:

1. Окупаемость проекта планирования ТСЛФ:

$$П^{сп}(T) + П^{эк}(T) - \sum_l^L Z_{лв}(T) - \sum_d^D Z_{лв}(T) > Z_3(T) \quad (4.20)$$

Одним из ключевых показателей окупаемости проекта создания и развития транспортной сети на территории лесного фонда является эффективность финансовых вложений в лесовосстановительные мероприятия.

Согласно источнику [248] нормальная оценка эффективности лесовосстановительных мероприятий определяется промежутком:  $0,81 \leq \mathcal{E}_d^л(t_i) \leq 1$

2. Требование непрерывного, неистощительного лесопользования:

- по древесным ресурсам:

$$\begin{aligned} & \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L ((Q_{ijk}(t+1)l \cdot [C_i^3 + C_{ijk}^{TP} + C_{ij}^{Tex}](t+1)l - \\ & \quad \mathcal{Z}_{капt+1} - \mathcal{Z}_{лвт+1}l - \mathcal{Z}_{yt+1}l - P_{ij}' \cdot \Delta t(t+1)l) - \\ & ) - \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L ((Q_{ijk}(t)l \cdot [C_i^3 + C_{ijk}^{TP} + C_{ij}^{Tex}](t)l - \mathcal{Z}_{кап}(t) - \\ & \quad \mathcal{Z}_{лв}(t)l - \mathcal{Z}_y(t)l - P_{ij}' \cdot \Delta t(t))l) \geq 0, \quad l = 1, \dots, L. \end{aligned} \quad (4.21)$$

- по недревесным ресурсам:

$$\begin{aligned} & \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{d=1}^D ((Q_i^3(t+1)d \cdot [C_i^3 + C_{ijk}^{TP} + C_{ij}^{Tex}](t+1)d - \\ & \quad \mathcal{Z}_{капт+1}l - \mathcal{Z}_{лвт+1}d - \mathcal{Z}_{yt+1}d - \mathcal{Z}_{ct+1}d - P_{ij}'' \cdot \Delta t(t+1)d) - \\ & ) - \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{d=1}^D ((Q_i^3(t)d \cdot [C_i^3 + C_{ijk}^{TP} + C_{ij}^{Tex}](t)d - \mathcal{Z}_{кап}(t) - \\ & \quad \mathcal{Z}_{лв}(t)d - \mathcal{Z}_y(t)d - \mathcal{Z}_c(t)d - P_{ij}'' \cdot \Delta t(t))d) \geq 0, \quad d = 1, \dots, D. \end{aligned} \quad (4.22)$$

3. Окупаемость затрат на лесовосстановление:

$$\sum_l^L \mathcal{Z}_{лв}(t) + \sum_d^D \mathcal{Z}_{лв}(t) \leq (\Pi^{сп} + \Pi^{эк})(t+1) \quad (4.23)$$

А также с учетом ограничений, прописанных в выражениях ((4.6)-(4.8)).

Данная математическая модель в динамической постановке обеспечивает корректный расчет общего технико-социо-эколого-экономического эффекта от реализации лесовосстановительных мероприятий с учетом проекта планирования транспортной сети на территории лесного фонда.

Представленная в данном параграфе настоящего исследования математическая модель предназначена для оценки качества проведения лесовосстановительных мероприятий как после главного пользования лесами, так и после лесных пожаров. Обозначенная модель носить комплексный, интегрированный характер, посредством которого при расчете показателя эффективности лесовосстановления обеспечивается совокупный учет всех основных полезных функций леса в динамике.

#### 4.4 Методика оценки величины эколого-экономического ущерба от пожаров лесным экосистемам с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда

В предложенной нами методике оценки величины эколого-экономического ущерба лесным экосистемам учитываются сократившиеся лесные ресурсы и измененные средоформирующие и социальные функции леса в динамике. Так же данная методика оценки ущерба учитывает параметры ТСЛФ, посредством ввода в модель фактора времени доставки рабочих бригад и спецтехники к очагу возгорания. Время доставки техники к местам пожаров, находится в прямой зависимости от площади распространения  $k$ -того пожара по территории лесного фонда, и напрямую зависит от транспортной освоенности территории, в том числе наличия специально отведенных противопожарных дорог и скорости движения по ним [22, 137]. В случае пожара в транспортно неосвоенной территории доставка спецтехники и прочего транспорта на колесах невозможна, что влечет за собой значительную вероятность перехода низового пожара в верховой и возможность его тушения только с воздуха. Обозначенные обстоятельства значительно увеличивают величину эколого-экономического ущерба лесному хозяйству.

Учитывая вышеизложенное, нами предлагается, величину эколого-экономического ущерба ( $Y_{\text{сум}}^{\text{общ}}$ ) лесным экосистемам (ресурсному потенциалу лесов, средоформирующим и социальным функциям) с учетом уровня развития транспортной сети и пространственно-временной динамики в лесных экосистемах, определять следующим выражением:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{\text{сум}}^{\text{общ}} = \sum_{k=0}^K Y_k^{\text{общ}} \cdot S_k^{\text{вбг}} \\ Y_k^{\text{общ}} = Z_{\text{т}} + \sum_{t=0}^T \sum_{l=1}^L (Z_l^{\text{л}} + \Pi^{\text{с}} + Y^{\text{с}}) \cdot K_l^t \rightarrow \min \\ S_k^{\text{вбг}} = \vartheta_k \cdot t_{\text{л}} \cdot \prod_{g=1}^b g_b \\ t_{\text{л}} = t_{\text{об}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{mob}} + t_{\text{д}} + t_{\text{п}} + t_{\text{т}} + t_{\text{к}} \rightarrow \min \end{array} \right. \quad (4.24)$$

где  $Y_k^{\text{общ}}$  - величина эколого-экономического ущерба лесным экосистемам на 1 га лесных земель, пройденных  $k$ -тым пожаром, руб./га.,  $k \in (0, \dots, K)$ ;

$S_k^{\text{выг}}$  - площадь участка леса с  $l$ -тым лесным ресурсом, пройденная  $k$ -тым пожаром, га.;

$Z_T$  - суммарные затраты на тушение  $k$ -тых пожаров на 1 га лесных земель, руб./га;

$Z_l^l$  - суммарные затраты на восстановление  $l$ -го лесного ресурса на 1 га лесных земель, пройденных  $k$ -тым пожаром, руб./га;

$P^c$  - суммарные потери валовой выручки по видам лесопользования за весь период восстановления территории лесного фонда на 1 га лесных земель, пройденных  $k$ -тым пожаром, руб./га;

$U^c$  - суммарный ущерб (прямой и косвенный) от повреждения ресурсов по видам лесопользования за весь период восстановления территории лесного фонда на 1 га лесных земель, пройденных  $k$ -тым пожаром, руб./га;

$\prod_{g=1}^b g_b$  - рассматривается нами как произведение влияния различных факторов на интенсивность распространения  $k$ -того пожара по территории лесного фонда, таких как природно-климатические и географические условия, возможные временные потери при тушении  $k$ -того пожара и т.д.,  $g \in (1, \dots, b)$ ;

$\vartheta_k$  - скорость распространения  $k$ -того пожара по территории лесного фонда;

$t_{л}$  - общее время на ликвидацию  $k$ -того пожара на территории лесного фонда;

$t_{об}$  - время обнаружения  $k$ -того пожара на территории лесного фонда, путем строительства и использования естественных пунктов наземного наблюдения, увеличения кратности авиа- и наземного патрулирования;

$t_{оп}$  - время оповещения об обнаружении  $k$ -того пожара на территории лесного фонда;

$t_{mob}$ - время мобилизации пожарных бригад, формирование мест базирования лесопожарного инвентаря;

$t_d$ - время доставки спецтехники и пожарных бригад к очагу возгорания, рассчитывается согласно уровню развития транспортной сети на территории лесного фонда, и зависит от наличия данной сети, скорости движения спецтехники, которая напрямую зависит от рельефа местности, дорожной одежды, качества содержания дороги и др.

Нормативное время доставки людей и спецтехники не должна превышать 3 часа. В случае если бригада не успевает прибыть в течение 3 часов на место пожара, то подключается помощь с воздуха. Данное обстоятельство существенно повышает затраты на тушение  $k$ -того пожара на территории лесного фонда [16, 42].

$t_p$ - время подготовки к тушению  $k$ -того пожара на территории лесного фонда;

$t_t$ - время тушения  $k$ -того пожара на территории лесного фонда;

$t_k$ - время окарауливания, т.е. время на обнаружение и тушение скрытых очагов горения при  $k$ - том пожаре на территории лесного фонда;

$K_l^t$ - коэффициент временной коррекции восстановления  $l$ - го лесного ресурса (поправка на географическое положение, климатические условия и т.п.). Ввод в модель данного коэффициента обусловлен тем, что восстановление леса во многом зависит от климата — так, на севере сосне или лиственнице, чтобы вырасти во взрослое дерево, потребуется около 100 лет, а на юге — около 60-70 лет.

Суммарные затраты на тушение лесных пожаров включают в себя: заработную плату (с начислениями) занятых тушением пожара рабочих лесхоза, баз авиационной охраны лесов, привлеченных на тушение пожара работников из других организаций и предприятий, иных категорий населения; стоимость услуг машин, тракторов, других механизмов, в том числе собственных, использованных при тушении лесного пожара, рассчитанная, исходя из отработанных смен, средств пожаротушения и

других грузов, используемых при тушении лесного пожара; стоимость израсходованных при тушении пожара материалов, средств тушения и другого имущества, используемого при тушении пожара; расходы на питание работников, занятых на тушении лесного пожара, почтово-телеграфные и другие расходы, связанные с мерами по тушению лесного пожара, предусмотренные действующим законодательством [225].

Суммарные затраты на лесовосстановление, вызванные  $k$ -тыми лесными пожарами, включают в себя: расходы на расчистку горельников для приведения их в состояние, пригодное для ведения лесного хозяйства и лесопользования; а так же расходы на проведение дополнительных санитарных рубок (сплошных и выборочных) в насаждениях, пройденных  $k$ -тым лесным пожаром и т.п.

Суммарные потери валовой выручки ( $\Pi^c$ ), в результате возникновения  $k$ -того пожара, по видам лесопользования за весь период восстановления территории лесного фонда определяются следующим выражением:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Pi^c = \frac{\sum_{t=0}^T (\Pi_g(t) + \Pi_{\text{под}}(t) + \Pi_{\text{поб}}(t) + \Pi_{\text{пф}}(t))}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \rightarrow \min \\ \Pi_g(t) = \sum_{l=0}^T \sum_{i=1}^L [C_l^c(t) \cdot Q_l^c(t) + C_l^m(t) \cdot Q_l^m(t)] \\ \Pi_{\text{под}}(t) = C^{\text{год}} \cdot K_p^{\text{об}}, \\ \Pi_{\text{поб}}(t) = 100 C_B^{\text{год}} \\ \Pi_{\text{пф}}(t) = \sum_{t=0}^T (Q_{ij}^3(t) \cdot K_{ij}^{\text{поб}}(t)) \cdot C^B \\ T = \sum_{t=0}^T t \end{array} \right. \quad (4.25)$$

где  $\Pi_g(t)$  – потери валовой выручки посредством отпуска древесины на корню (второстепенных лесных ресурсов) на 1 га лесных земель, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$\Pi_{\text{под}}(t)$  – потери валовой выручки от подсочки на 1 га леса, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$\Pi_{\text{поб}}(t)$  – потери валовой выручки от побочного лесопользования: туризма, охоты, спорта и др. целей принимается, согласно источникам [158,

168] равным стократной величине годового размера лесных податей, взимаемых за соответствующий вид лесопользования на оцениваемом участке лесных земель, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$\Pi_{\text{пф}}(t)$  – потери валовой выручки от продуцирования углеродепонирующей функции лесов на 1 га леса, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$C_l^c(t)$  – стоимость потерь древесины на корню в средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных насаждениях, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$C_l^M(t)$  – ущерб от повреждения молодняков естественного и искусственного происхождения, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$Q_l^c(t)$  – объем потерянной древесины на корню  $j$ -породы (второстепенных лесных ресурсов), м<sup>3</sup>/га;

$C^{\text{год}}$  – годовая ставка лесных податей, взимаемых за подсочку 1 га насаждений;

$K_p^{\text{об}}$  – коэффициент оборота рубки, изменяется от 16,39 до 4,59 при обороте рубки от 50 до 120 лет, соответственно;

$C_B^{\text{год}}$  – годовой размер лесных податей, взимаемый за соответствующий вид лесопользования [158, 168];

$K_{ij}^{\text{пог}}(t)$  – коэффициент поглощения CO<sub>2</sub> лесами  $j$ -породы  $i$ -того гектара на момент времени  $t$ ;

$Q_{ij}^3(t)$  – объем потерянных запасов лесов  $j$ -породы на  $i$ -том гектаре, на момент времени  $t$ ;

$C^B$  – удельная оценочная стоимость функции поглощения CO<sub>2</sub> на момент времени  $t$ , руб./га;

$e$  – коэффициент дисконтирования;

$T$  – период восстановления территории лесного фонда, лет;

$t$  – время восстановления  $l$ -го лесного ресурса,  $t \in \{0, \dots, T\}$ , лет.

Необходимо обозначить, что выражение (4.25) содержит условия (4.2), так как показатель  $P^c$  является обратным для показателя  $V_{вал}^T$ .

Следует отметить, что оценка древесины на горях, прогалинах, редирах, погибших насаждений, производится согласно п. 4.2.

Суммарный ущерб, нанесенный  $k$ -тым лесным пожаром, по видам ущерба за весь период восстановления территории лесного фонда определяются следующим выражением:

$$U^c = \sum_{t=0}^T \frac{Y_3 + Y_B + Y_{Г} + Y_y + Y_{ог}}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \rightarrow \min \quad (4.26)$$

где  $Y_3$ - ущерб от снижения почвозащитных, санитарно-гигиенических, водоохраных и других средообразующих функций леса, руб./га;

$Y_B$ - ущерб от загрязнения воздушной среды продуктами горения, который впредь до разработки нормативов объемов сгорания органических веществ при лесных пожарах принимается в размере 10 % от суммарного ущерба, причиняемого лесными пожарами, в виде стоимости потерь древесины на корню и ущерба от повреждения молодняков, руб./га;

$Y_{Г}$ - ущерб от гибели животных и растений, включая занесенных в Красную книгу, впредь до разработки нормативов численности погибающих от лесных пожаров животных и растений, включая занесенных в Красную книгу Российской Федерации, до недавнего времени принимался в размере 5 % от ущерба (однако на сегодняшний день Минприроды и экологии повысило в 400 раз совокупную стоимость российской флоры и фауны [195]), причиняемого в виде стоимости потерь древесины на корню, и ущерба от повреждения молодняков искусственного и естественного происхождения, руб./га;

$Y_y$  - ущерб от повреждения ресурсов побочного лесопользования, руб./га;

$Y_{ог}$ - стоимость сгоревших объектов и готовой продукции в лесу (снижение стоимости объектов и готовой продукции, поврежденных пожаром) включает: ущерб, причиненный лесным пожаром повреждением

или уничтожением зданий, сооружений, другого имущества лесхоза, находящегося в лесу, и ущерб, причиненный лесным пожаром повреждением или уничтожением заготовленной лесной продукции, который определяется исходя из рыночной цены и объема уничтоженной продукции или процента снижения ее товарной ценности, руб./га.

Комплексная оценка величины эколого-экономического ущерба лесным экосистемам, является показателем прогнозирующим величину планируемых затрат на охрану лесов от пожаров и борьбы с пожарами (которые включают в себя: создание и развитие транспортной сети а также затраты, связанные с патрулированием лесной территории, пропагандой, содержанием штата лесной охраны и другими противопожарными мероприятиями). В этой связи важнейшим показателем, определяющим эффективность данных затрат, является величина предотвращенного эколого-экономического ущерба лесным экосистемам, отмеченный показатель находится в прямой зависимости от обозначенных затрат. Эти затраты снижают величину эколого-экономической оценки, сохраненной от воздействия пожаров территории лесного фонда (предотвращенного эколого-экономического ущерба лесным экосистемам), так как вышеуказанные денежные средства были затрачены в целях получения обозначенного эффекта. Учитывая вышеизложенное, взаимосвязь эколого-экономического ущерба лесным экосистемам посредством пожаров и эффективности затрат на охрану лесов от пожаров и борьбы с пожарами определяется следующим выражением:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_{\text{сум}}^{\text{общ}} = y_{\text{пр}}^{\text{общ}} - y_{\text{сум}}^{\text{пред}} \\ y_{\text{пр}}^{\text{общ}} = \sum_{k=0}^K y_k^{\text{общ}} \cdot S_k^{\text{пр}} \\ S^{\text{сохр}} = S_k^{\text{пр}} - S_k^{\text{выг}} \\ y_{\text{сум}}^{\text{пред}} = S^{\text{сохр}} \cdot C_{\text{общ}}^{\text{сохр}} - \sum_{t=0}^T (Z_{\text{стр}} + Z_{\text{охр}}) \end{array} \right. \quad (4.27)$$

где  $Z_{\text{стр}}$  - суммарные затраты на создание и развитие транспортной сети на территории лесного фонда по периодам времени  $t$  плюс необходимость создания дополнительной дорожной сети, руб./га;

$Z_{\text{охр}}$  - суммарные затраты, связанные с патрулированием лесной территории, пропагандой, содержанием штата лесной охраны и другими противопожарными мероприятиями, руб./га;

$C_{\text{общ}}^{\text{сохр}}$  - общая экономическая стоимость сохраненных лесных ресурсов, данная величина определяется суммарным значением показателей, обозначенных в выражении (4.25), руб./га. Данную величину можно рассматривать, как планируемую валовую выручку от реализации сохраненных лесных ресурсов;

$S_k^{\text{пр}}$  - прогнозируемая площадь участка леса с  $l$ - тым лесным ресурсом, пройденная  $k$ -тым пожаром (Данную площадь, нами предлагается, определять посредством метода экспертных оценок специалистов отрасли и выражению (4.28).

Согласно обозначенному методу,  $S_k^{\text{выг}}$  - принимается, как фактическая площадь, пройденная  $k$ -тым пожаром, которая определена уровнем развития лесотранспортной сети,  $S_k^{\text{пр}}$  - возможная площадь распространения пожара по территории лесного фонда без учета ТСЛФ), га.;

$S^{\text{сохр}}$  - сохраненная площадь участка леса с  $l$ - тым лесным ресурсом, от воздействия  $k$ -того пожара (определяется как разность между прогнозируемой и фактической площадью выгорания территорий лесного фонда), га.;

$U_{\text{пр}}^{\text{общ}}$  - прогнозируемая величина эколого-экономического ущерба лесным экосистемам, посредством воздействия  $k$ -тых пожаров, руб.;

$U_{\text{сум}}^{\text{пред}}$  - величина предотвращенного эколого-экономического ущерба лесным экосистемам, посредством воздействия  $k$ -тых пожаров, руб.

Прогнозная суммарная площадь распространения  $k$ -тых пожаров ( $S_k^{\text{пр}}$ ) на участках лесного фонда определяется, как математическое ожидание возникновения лесного пожара, согласно выражению (4):

$$\left\{ \begin{array}{l} S_k^{\text{пр}} = M [k] \\ M [k] = \sum_{t=0}^{\tau} \sum_{k=0}^m R_k \cdot P_k \\ P_k = \frac{[P(A)P(A_w/A) + P(E)P(E_w/E) - P(A)P(E)P(A_w, E_w/A, E)]}{P(LH/H)} \\ R_k = \int_{t_B}^{t_T} (\vartheta_k \cdot \prod_{g=1}^b g_b) dt \\ \sum_{k=0}^m [t_B; t_T] \in (t; \tau) \end{array} \right. \quad (4.28)$$

где  $M [k]$  – математическое ожидание возникновения  $k$ -тых пожаров,  $k \in (0, \dots, m)$  га;

$R_k$  – вероятность возникновения  $k$ -того пожара;

$P_k$  – прогнозируемая интенсивность распространения  $k$ -того пожара по территории лесного фонда, га;

$(t; \tau)$  – временной интервал вероятностного возникновения  $k$ -тых пожаров;

$t_B$  – момент времени вероятностного возникновения  $k$ -того пожара;

$t_T$  – момент времени вероятностного тушения  $k$ -того пожара;

$P(A)$  – вероятность посещения человеком территории лесного фонда;

$P(A_w/A)$  – вероятность наличия источников огня при условии, что лесная территория посещается людьми;

$P(E)$  – вероятность грозы;

$P(E_w/E)$  – вероятность естественного возгорания при условии, что идет гроза;

$P(A_w, E_w/A, E)$  – вероятность совместного действия антропогенного и естественного источника огня при условии, что территория лесного фонда одновременно подвергается посещению людьми и идет гроза.

$P(H)$  – следует рассматривать как вероятность причины лесного пожара,  $P(LH/H)$  – вероятность пожара при условии наличия причины возгорания [193, 259].

В аспекте оценивания эколого-экономического ущерба от пожаров лесным экосистемам, так же следует коснуться определения показателя эффективности противопожарных мероприятий, в том числе охраны и защиты лесов. Поскольку данный показатель является результативным и определяет рентабельность капиталовложений инвестирующего предприятия в проект создания и развития ТСЛФ. Учитывая обозначенное обстоятельство, нами предлагается, эффективность противопожарных мероприятий ( $\text{ЭФ}_п^{\text{пр}}$ ) определять согласно выражению (4.29):

$$\text{ЭФ}_п^{\text{пр}} = \frac{y_{\text{сум}}^{\text{пред}}}{z_{\text{стр}}} \times 100\% \quad (4.29)$$

Согласно источнику [29], величина эколого-экономического ущерба лесным экосистемам (ресурсному потенциалу лесов, средоформирующим и социальным функциям) равна их общей экономической стоимости в неповрежденных лесонасаждениях на контрольных участках, умноженной на соответствующие экологическому состоянию поврежденного участка коэффициенты снижения ценности лесных ресурсов, средоформирующих и социальных функций. В качестве контрольных служат участки и территории с удовлетворительным экологическим состоянием и наибольшим приближением условий сравниваемых лесных природных комплексов по географическому положению и климатическим условиям, преобладающей породой деревьев и составу древостоев, типу лесорастительных условий и лесным почвам.

Учитывая вышеизложенное, выведем общий коэффициент снижения отмеченной стоимости земель лесного фонда, пройденных пожаром  $C_{\text{сц}}$ :

$$\begin{cases} C_{\text{сц}} = \frac{C^{\text{H}} - y_{\text{сум}}^{\text{общ}}}{C^{\text{H}}} \\ C^{\Gamma} = C^{\text{H}} \cdot C_{\text{сц}} \end{cases} \quad (4.30)$$

где  $C^{\text{H}}$ - общая экономическая стоимость лесного участка до пожара, руб.;

$C^{\Gamma}$  - общая экономическая стоимость лесного участка после пожара, руб.

Рассмотрение эколого-экономических ущербов лесам от пожаров как суммы эффектов за последовательные послепожарные интервалы времени, равные классам возраста насаждений и в соответствии с типом пройденных пожаров, позволяет комплексно оценить ущерб лесным экосистемам от природных катастроф путем формирования совокупности натуральных показателей природных благ до и после катастроф (пожаров).

При реализации, предложенной нами, математической модели метода оценки эколого-экономического ущерба лесным экосистемам, с учетом строительства и эксплуатации ТСЛФ следует учитывать следующие ограничения:

1. Окупаемость проекта планирования ТСЛФ:

$$y_{\text{пр}}^{\text{общ}} > y_{\text{сум}}^{\text{общ}} \quad (4.31)$$

2. Финансовая устойчивость предприятия инвестирующего в проект планирования ТСЛФ:

$$\sum_{t=0}^T Z_{\text{стр}}^{\text{общ}} \leq P_{\text{max}} \quad (4.32)$$

где  $\sum_{t=0}^T Z_{\text{стр}}^{\text{общ}}$  – совокупные затраты на создание и эксплуатацию транспортной сети на территории лесного фонда за период времени  $T$ , руб.;

$P_{\text{max}}$  – финансовые возможности предприятия, руб.

3. Транспортная доступность пройденных пожаром лесных площадей:

Согласно источнику [168] эффективное плечо доставки рабочих бригад и спецтехники до  $i$ -того лесного участка от  $j$ -того пункта отправления не должно превышать доступное с экономической точки зрения расстояние доставки.

$$L_{ij} \leq L_{\text{дост}} \quad (4.33)$$

где  $L_{ij}$  – расстояние между  $i$ -тым лесным участком и  $j$ -тым пунктом отправления рабочих бригад и спецтехники, км.

4. Фактического оценивания спасенных ресурсов лесных площадей:

$$y_{\text{сум}}^{\text{пред}}(T) \leq C_{\text{общ}}^{\text{сохр}}(T) \quad (4.34)$$

Данное ограничение не позволяет дублировать оценку в рамках расчета общей экономической стоимости спасенных лесных ресурсов на одной и той же лесной территории в целях избегания превышения сумм сохраненных лесных благ над фактически имеющимися за весь период освоения лесного фонда.

Предлагаемая математическая модель в динамической постановке обеспечивает корректный расчет эколого-экономического ущерба лесным экосистемам с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда.

#### 4.5 Выводы по четвертому разделу

Подводя итоги четвертого раздела диссертационного исследования можно сделать следующие выводы:

- в основе представленных в данной главе методологических разработок лежит инструментарий экономико-математического моделирования в контексте комбинаторного подхода с учетом динамической составляющей потоковых процессов. Подобное моделирование наиболее полно отражает специфику отрасли. Продуктивность лесных территорий вычисляется с учетом уровня развития лесотранспортной сети, посредством определения капиталотдачи ТСЛФ от качества проведения лесовосстановительных и противопожарных мероприятий, а также в результате определения эффективности главного и побочного лесопользования;

- разработанный методологический аппарат оценивания эффективности использования лесных ресурсов с учетом фактора планирования лесотранспортной сети и динамики лесных земель на основе инструментария экономико-математического моделирования и динамического программирования позволяет более объективно выполнять расчет суммарной

величины ресурсного потенциала лесных земель при многоцелевом лесопользовании. Данная методика позволяет в рамках оценивания продуктивности территорий лесного фонда определить показатель капиталоотдачи от проекта планирования лесотранспортной сети. Следует подчеркнуть, что подобный подход к оцениванию обозначенного показателя обеспечивает целесообразность и рациональность инвестиций в проект планирования ТСЛФ, что обуславливает сохранение финансовой устойчивости предприятия;

- представленная в данном параграфе диссертационного исследования методика оценки качества проведения лесовосстановительных мероприятий как после главного пользования лесами, так и после лесных пожаров, обеспечивает совокупный расчет восстановления всего ресурсного потенциала лесных территорий в динамике. Данная методика позволяет определить показатель капиталоотдачи от проекта создания и развития лесотранспортной сети посредством качественно - количественного критерия эффективности лесовозобновления;

- предлагаемая в 4.4 настоящего исследования методика оценки эколого-экономического ущерба лесным экосистемам с учетом создания и развития транспортной сети на территории лесного фонда позволяет снизить величину обозначенного ущерба. Так как транспортная доступность лесных земель обеспечивает своевременное проведение: необходимого комплекса противопожарных мероприятий, а также тушение возгораний в кратчайшие сроки, что способно значительно сократить ущерб лесным экосистемам; агротехнических уходов, рубок ухода в молодняках. Данные мероприятия позволят спасти колоссальные площади ценных лесных насаждений. А также данную методику оценки эколого-экономического ущерба лесным экосистемам можно использовать в целях планирования затрат на охрану и защиту лесов от пожаров и борьбы с пожарами. Следует отметить, что указанная методика позволяет определить показатель капиталоотдачи от проекта создания и развития лесотранспортной сети посредством

качественного критерия эффективности проведения противопожарных мероприятий;

- представленные методологические разработки учитывают многоцелевой характер использования полезных функций леса; отражают динамику лесного фонда и потоковых процессов; обеспечивают вычисление эффективности ТСЛФ посредством качественной и количественной оценки на базе комплексного технико-социо-эколога-экономического критерия.

С учетом вышеизложенного, определение показателя капиталотдачи от проекта создания и развития транспортной сети на территории лесного фонда базируется на трех основных составляющих: эффективности использования ресурсного потенциала лесных территорий; эффективности лесовосстановительных и противопожарных мероприятий, включающих в себя охрану и защиту лесов. Таким образом, показатель капиталотдачи ТСЛФ является базовым при определении оценки влияния уровня развития лесотранспортной сети на продуктивность лесных территорий.

Опираясь на итоговые заключения, приведенные в данном разделе настоящего исследования, можно обозначить необходимость разработки комплексной модели оценки эффективности планирования транспортной сети на территории лесного фонда, включающей в себя вышеотмеченные основополагающие элементы общей эффективности реализации государственного проекта.

## 5 Комплексная модель оценки эффективности планирования транспортной сети на территории лесного фонда

### 5.1 Общие положения

Опираясь на результаты анализа теоретических и методологических основ по тематике настоящего исследования, на установленную экспериментальным путем взаимозависимость между уровнем развития лесотранспортной сети и продуктивностью территорий лесного фонда, а также на представленный в четвертом разделе настоящего исследования методологический аппарат, в рамках концепции устойчивого управления лесами и лесопользованием нами разработана комплексная модель оценки эффективности планирования транспортной сети на территории лесного фонда. Данная модель призвана обеспечить комплексную оценку эффективности лесотранспортной сети, посредством расчета основных показателей технико-эколого-социо-экономических процессов отрасли в условиях их взаимосвязи с учетом принципов системности, закономерностей технологического уклада, а также параметров лесотранспортной сети.

В авторской методологической разработке, показатель отмеченной эффективности представляет собой величину, как отмечалось выше, включающую в себя три основные составляющие:

- эффективность использования ресурсного потенциала лесных земель;
- общий эффект от реализации лесовосстановительных мероприятий;
- эффективность защиты и охраны лесов.

В области расчета обозначенных составляющих комплексной эффективности лесотранспортной сети, следует отметить, что различные методические разработки [184, 207 и др.] по их определению основаны на разных подходах к расчету не эффективности лесопользования, а его рентабельности, отождествляя данные экономические показатели, что не

является правильным. Поскольку сущность и область инструментария эффективности намного шире, нежели рентабельности. Концептуальное отличие рентабельности от эффективности состоит в том, что рентабельность представляет собой инструмент усредненной оценки основных технико-экономических показателей, эффективность оценивает результаты проекта в целом на каждом временном интервале его реализации [85 и др.].

Таким образом, рентабельность является одним из ключевых инструментов эффективности.

В этой связи комплексная модель оценки эффективности планирования транспортной сети на территории лесного фонда разработана с учетом отмеченного выше обстоятельства и представлена в нижеследующем параграфе настоящего исследования.

## 5.2 Укрупненная модель оценки эффективности планирования лесной транспортной сети на базе комплексного подхода

Как отмечалось ранее, планирование лесной транспортной сети представляет собой многокритериальную задачу, поскольку, как было отмечено в предыдущих параграфах, критерии стоимости её строительства и эксплуатации, экологическая, социальная и техническая эффективности противоречивы, улучшение одних показателей, как правило, приводит к ухудшению других. Поскольку принципы устойчивого развития территорий предполагают учёт всех технико-эколого-социо-экономических факторов их развития, а основным критерием оптимальности обозначенной системы является сопряжение видов её эффективности (экономической, направленной на достижение максимума положительного финансового результата от хозяйственной деятельности; социальной, ориентированной на удовлетворение социальных потребностей всех работников предприятия; технической определяющей выполнение количественных и качественных требований к продукции; экологической направленной на достижение

оптимума защиты окружающей среды) основанное на компромиссном характере, то нами предлагается оценивать эффективность планируемой ТСЛФ на базе комплексного технико-социо-эколого-экономического критерия. Качественно это может быть выражено как достижение максимума всех потенциальных доходов от использования различных лесных ресурсов и реализации экологического потенциала территории лесного фонда, на основе планируемой ТСЛФ. Количественно целевая функция технико-эколого-социо-экономической оценки эффективности ТСЛФ, с учётом анализа источников [145, 147-148, 153 и др.], является комплексной, и может представлять собой в первом приближении отношение чистой планируемой прибыли ( $\Pi_{пл}^T$ ), предполагаемой к получению в результате освоения лесных земель (представляет собой разность планируемых выручек от многоцелевого лесопользования и совокупных затрат, связанных с освоением лесной территории), в рамках многоцелевого лесопользования, к суммарным затратам ( $S^{сум}$ ), которые определяются согласно выражениям (4.3), (4.19), а также в данный показатель включаются статьи затрат, обозначенные в выражениях ((4.10) - (4.12)) и (4.27) .

Учитывая вышеизложенное, показатель комплексной эффективности ТСЛФ ( $\mathcal{E}^{\text{эф}}$ ), определяющий величину чистой прибыли на рубль суммарных затрат за планируемый период (совокупный показатель согласно четвертой главе, представляет собой интегральную величину прибыли по всем видам лесопользования), предполагается рассчитывать согласно выражению (5.1), что не противоречит методологическому аппарату разработанному в четвертом разделе настоящего исследования:

$$\mathcal{E}^{\text{эф}} = \frac{\Pi_{пл}^T}{S_{сум}^T} \rightarrow \max \quad (5.1)$$

Касательно определения показателя ( $\Pi_{пл}^T$ ), можно отметить следующее, что прибыль предприятий лесной отрасли является сложной экономической категорией и во внешнем проявлении имеет признаки превращенной формы.

Экономическое содержание обозначенной прибыли заключается не столько во внешнем ее проявлении, сколько во внутренней сущности, а формы проявления – в степени развитости лесного хозяйства.

Показатель ( $P_{пл}^T$ ), является прогнозируемой величиной, поскольку рассчитывается прибыль будущих периодов на настоящий временной интервал.

Следует отметить, что прогнозирование прибыли – сложный и многогранный процесс, включающий изучение хозяйственных связей предприятия за период, предшествующий прогнозируемому. От правильности и обоснованности прогноза прибыли зависит обеспечение финансовыми ресурсами производственного и технического развития предприятия. В научной литературе [154, 177, 179 и др.] описаны способы прогнозирования планируемой прибыли, но о том, как прогнозировать фактическую прибыль сведения отсутствуют. Причем практика показывает, что фактический показатель прибыли может существенно отличаться от планового. Данное обстоятельство может иметь негативное отражение на хозяйственной деятельности предприятия.

Наиболее подробно прогнозирование фактической чистой прибыли от реализации государственного проекта ( $P_{ф}^T$ ) рассмотрено в п. 5.3. настоящего исследования.

Касательно определения показателя суммарных затрат ( $S_{сум}^T$ ), необходимо отметить следующее, что исходя из значимости проекта планирования транспортной сети на территории лесного фонда, естественно возникает вопрос, каким образом с наибольшей эффективностью и минимальными издержками следует планировать статьи затрат, связанные с освоением лесных земель, в рамках многоцелевого лесопользования, учитывая уровень развития ТСЛФ, а также какие показатели должны содержать обозначенные статьи.

Согласно анализу источников [145 и др.] в статьях отмеченных затрат учитываются следующие показатели: затраты на строительство и содержание лесных дорог, расходы на вывозку и транспортировку до потребителя лесоматериалов, исходя из возможности их заготовки в настоящее время, затраты на охрану, защиту и воспроизводство лесов.

Подобный подход к планированию суммарных затрат, связанных с освоением лесных земель, в рамках многоцелевого лесопользования, с учетом уровня развития ТСЛФ не учитывает:

- природно-производственные условия региона;
- динамику параметров лесного фонда и ТСЛФ;
- затраты на строительство и эксплуатацию ТСЛФ с учетом изменений параметров внешней среды;
- издержки, включающие в себя потенциальный доход, упущенный вследствие откладывания поступлений доходов от лесопользования плюс издержки удаления доходов от будущих производственных циклов.

Вследствие пренебрежения обозначенными выше показателями проекта планирования ТСЛФ величина фактических суммарных затрат будет значительно выше плановых показателей. Данное незапланированное увеличение суммарных затрат является фактором негативного воздействия на финансовую устойчивость инвестирующего в проект предприятия. Последствия воздействия обозначенного фактора могут стать катастрофическими для предприятия инвестора.

Учитывая данное обстоятельство, в предлагаемой нами комплексной модели совокупная величина затрат, представляет собой интегральный показатель, определяемый суммой значений, согласно выражениям (4.3), (4.19), ((4.10) - (4.12)) и (4.27), в целях обеспечения учета показателей статей затрат необозначенных в научных трудах [145 и др.].

Наиболее подробно планирование суммарных затрат ( $S_{\text{сум}}^T$ ) рассмотрено в п. 5.4. настоящего исследования.

Учитывая отмеченное выше, выражение (5.1) приобретает следующий вид:

$$\mathcal{E}^{\text{эф}} = \frac{\Pi_{\Phi}^{\text{T}}}{S_{\text{СУМ}}^{\text{T}}} \rightarrow \max \quad (5.2)$$

Таким образом, показатель комплексной оценки эффективности планирования лесной транспортной сети становится прогнозируемой величиной.

Показатель ( $\Pi_{\Phi}^{\text{T}}$ ) представляет собой разность достижения максимума всех потенциальных выручек за минусом всех статей затрат, связанных с получением отмеченных выручек. Показатель ( $\Pi_{\Phi}^{\text{T}}$ ) не что иное, как показатель ( $\Pi_{\text{пл}}^{\text{T}}$ ) с учетом влияния отраслевых рисков.

В этой связи, комплексная эффективность планирования лесной транспортной сети определяется отношением квадрата фактической прибыли от многоцелевого лесопользования, скорректированной на негативное влияние лесных пожаров, к суммарным капитализированным затратам, связанным с главным и побочным лесопользованием, проведением лесохозяйственных мероприятий, а также с затратами на строительство ТСЛФ и эксплуатационными затратами, по этапам освоения территории лесного фонда на временной интервал ( $t_0; t_n$ ).

Обозначенное отношение позволяет определить эффективность капиталовложений, т.е. отмеченный показатель определяет интегральный финансовый эффект от инвестиций, вложенных в государственный проект, по временным интервалам (этапам освоения) от  $t_0$  до  $t_n$ , в аналитическом виде отмеченное отношение представлено выражением (5.3):

$$\left\{ \begin{array}{l}
\mathcal{E}_{\text{Л}}^{\text{К}}(T) = \sqrt[n]{\prod_{t=0}^{t_n} \lim_{R(t) \rightarrow 1} \frac{\Pi_{\Phi}^{t^2} \cdot K^{\text{нп}}(t) \cdot (t+1)^2}{(S_{\text{стр}}^2(t) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K S_{\text{тр}}(t)) \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{d=1}^D S_{\text{лв}}^2(t) \cdot t^2}} \\
\mathcal{E}_{\text{Л}}^{\text{К}}(t) = \lim_{R(t) \rightarrow 1} \frac{\Pi_{\Phi}^{t^2} \cdot K^{\text{нп}}(t) \cdot (t+1)^2}{(S_{\text{стр}}^2(t) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K S_{\text{тр}}(t)) \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{d=1}^D S_{\text{лв}}^2(t) \cdot t^2} \\
\Pi_{\Phi}(t+1) = \frac{\Pi_{\Phi}(t+1)}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^{(t+1)}}\right) \rightarrow \max \\
K^{\text{нп}}(t) = \frac{B_{\text{вал}}^t - \sum_{r=1}^R \Pi^c}{B_{\text{вал}}^t} \\
\mathcal{E}_{\text{Л}}^{\text{К}}(T) = \sqrt[n]{\prod_{t=0}^{t_n} \mathcal{E}_{\text{Л}}^{\text{К}}(t)} \rightarrow 1 \\
T = \sum_{t=0}^{t_n} t
\end{array} \right. \quad (5.3)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{Л}}^{\text{К}}(t)$  – эффективность планирования лесной транспортной сети, на временной интервал  $t$ ;

$B_{\text{вал}}^t$  - суммарная капитализированная валовая выручка от многоцелевого лесопользования, на временной интервал  $t$ , руб./га;

$\Pi_{\Phi}^t$  – прогнозируемая величина фактической прибыли от многоцелевого лесопользования, на временной интервал  $t$  (Методологический аппарат определения отмеченного показателя представлен в параграфе 5.3), руб./га;

$R$ - рентабельность инвестирующего в проект предприятия, на временной интервал  $t$ ;

$K^{\text{нп}}(t)$  - коэффициент коррекции фактической прибыли от многоцелевого лесопользования на возможный ущерб лесным экосистемам от воздействия  $r$ -тых пожаров,  $r \in [1, \dots, R]$ ;

$S_{\text{тр}}(t)$ - транспортные расходы на вывозку при заготовке объема запаса  $l$ -той породы ( $d$ -того ресурса) с  $i$ -того гектара на  $j$ -тый склад (прирельсовый участок, потребителю),  $k$ -тым типом транспорта, руб./га, на момент времени  $t$ ,  $l \in [1, \dots, L]$ ,  $d \in [1, \dots, D]$ ,  $i \in [1, \dots, m]$ ,  $j \in [1, \dots, n]$ ;

$S_{лв}(t)$ - нормативные затраты на воспроизводство  $l$ -той породы ( $d$ -того ресурса), гарантирующие ее (его) восстановление как на вырубках, так и после лесных пожаров, выращивание до возраста зрелости, охрану и защиту, руб./га, на временной интервал  $t$ .

Данный показатель включают в себя: затраты, связанные с лесовосстановлением (затраты на посадочный материал, затраты на материалы и использование геодезических приборов, затраты на зарплату рабочих занятых на лесовосстановительных работах, транспортные расходы на доставку рабочих до мест посадки, затраты на уход за лесными культурами по годам выращивания и т.д.) как до рубки, если использованию подлежал восстановленный лес, так и после использования ресурса; расходы на расчистку горельников для приведения их в состояние, пригодное для ведения лесного хозяйства и лесопользования; а так же расходы на проведение дополнительных санитарных рубок (сплошных и выборочных) в насаждениях, пройденных лесным пожаром и т.п., а также затраты на охрану и защиту лесов;

$S_{стр}(t)$  - включает в себя: затраты на создание ТСЛФ на временной интервал  $t$ , затраты на эксплуатацию ТСЛФ в период времени  $t$ , стоимость дорожно-строительных материалов, полуфабрикатов, конструкций и изделий, транспортные расходы на доставку материалов и рабочих и прочие затраты, связанные со строительством и эксплуатацией транспортной сети на территории лесного фонда, руб./га;

$П^c$  - суммарные потери прибыли в результате возникновения  $r$  -того пожара, руб. / га,  $r \in [1, \dots, R]$ , (Методологический аппарат определения отмеченного показателя представлен в параграфе 4.4);

$T$  – полный временной период осваивания лесного фонда, лет;

$t$  – временной интервал от экономической оценки до заготовки лесного сырья,  $t \in \{t_0, \dots, T\}$ , лет;

$n$ - количество этапов (временных интервалов) освоения;

$e$  – коэффициент дисконтирования.

При реализации предложенной нами математической модели следует учитывать ограничения, представленные выражениями ((4.5) -(4.9), (4.20) - (4.23) и (4.30) – (4.33)).

Предлагаемая математическая модель в динамической постановке обеспечивает корректный расчет комплексного технико-эколого-социально-экономического эффекта от реализации проекта планирования транспортной сети на территории лесного фонда.

### 5.3 Определение прогнозной величины фактической прибыли от многоцелевого лесопользования с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда

Определение прогнозной величины фактической прибыли от многоцелевого лесопользования с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда достигается путем однозначного описания всех зависимостей, входящих в методологический аппарат прогнозирования фактической прибыли от многоцелевого лесопользования посредством ТСЛФ.

Фактическая прибыль от многоцелевого лесопользования с учетом создания и развития лесотранспортной сети на территории лесного фонда ( $\Pi_{\Phi}^T$ ) определяется выражением (5.4):

$$\begin{cases} \Pi_{\Phi}^T \approx \Pi_{\text{пл}}^T \cdot K_{\text{отк}}^{\text{тср}} = \sum_{t=0}^T (\Pi_{\text{пл}}^t \cdot K_{\text{отк}}^t) \rightarrow \max \\ \Pi_{\text{пл}}^T = B_{\text{вал}}^T - S_{\text{сум}}^T = \sum_{t=0}^T \Pi_{\text{пл}}^t \rightarrow \max \\ T = \sum_{t=0}^T t_n \end{cases} \quad (5.4)$$

где  $\Pi_{\text{пл}}^t$  – планируемая прибыль от многоцелевого лесопользования с учетом создания и развития лесотранспортных систем на территории лесного фонда за период времени  $t$ , руб.;

$K_{\text{отк}}^{\text{тср}}$  – коэффициент усредненного отклонения фактической прибыли от плановой, определяется выражением (5.14);

$K_{отк}^t$  – коэффициент отклонения фактической прибыли от плановой, определяется выражением (5.13);

$B_{вал}^T$  – планируемая суммарная капитализированная валовая выручка по видам лесопользования за весь период освоения территории лесного фонда, руб., определяется выражением (4.2);

$S_{сум}^T$  – планируемые суммарные затраты (максимально допустимые затраты, связанные со строительством и эксплуатацией ТСЛФ (лесозаготовками и лесовосстановлением за период освоения территории лесного фонда)), руб., определяются выражением (5.16).

Вывод формулы коэффициента отклонения фактической прибыли от плановой основан на формализации следующих аспектов:

1. Требование непрерывного, неистощимого лесопользования. Данное требование описывается выражением (4.9):

2. Получение прибыли. Освоение территории лесного фонда посредством создания и развития лесотранспортных систем должно приносить прибыль инвестирующему в данный проект предприятию, но неубываемость лесопользования (4.9) не гарантирует получения прибыли с  $i$ -того га в какой-либо период времени  $t$  за счет истощения ценных пород, что вполне вероятно и естественно. Таким образом, появляется следующее ограничение (5.5):

$$\Pi_{пл}^{t+1} \geq \Pi_{пл}^t \quad (5.5)$$

Ограничение (5.5) можно записать в следующем виде (5.6):

$$\Pi_{пл}^{t+1} = \Pi_{пл}^t + \Delta\Pi(t) \quad (5.6)$$

где  $\Delta\Pi(t)$  – прирост прибыли за период времени от  $t$  до  $(t + 1)$ .

В случае равенства показателей  $\Pi_{пл}^t$  и  $\Pi_{пл}^{t+1}$  в каком-либо периоде  $t$ , имеем  $\Delta\Pi(t) = 0$ .

Тогда в общем виде по этапам строительства ТСЛФ выражение (5.6) трансформируется в формулу (5.7):

$$\Pi_{\text{пл}}^T = \sum_{t=0}^T [\Pi_{\text{пл}}^t + \Delta\Pi(t)] \quad (5.7)$$

Следует отметить, что данное моделирование присуще только прогнозируемой величине планируемой прибыли.

При моделировании величины фактической прибыли можно выделить два сценария развития инвестирующего в проект планирования ТСЛФ предприятия.

Протекание первого сценария будет определяться выражением (5.8):

$$\Pi_{\phi}^{t+1} \geq \Pi_{\phi}^t + [\Delta\Pi(t) - \sum_{k=1}^K \Delta S(t)] \quad (5.8)$$

$\sum_{k=1}^K \Delta S(t)$  – изменения в статьях затрат на временном интервале от  $t$  до  $t+1$ , вызванные неучтенными в проекте факторами  $k$ .

Факторами  $k$  являются: потери от снижения качества сырья; внеплановый ремонт машин и оборудования; потери от простоев по внутрипроизводственным причинам; недостача материальных ценностей в производстве и на складах при отсутствии виновных лиц; затраты на возмещение причиненного работникам вреда здоровью, связанного с выполнением ими трудовых обязанностей и т.п.

Протекание второго сценария определено выражением (5.9):

$$\Pi_{\phi}^{t+1} \leq \Pi_{\phi}^t + [\Delta\Pi(t) - \sum_{k=1}^K \Delta S(t)] \quad (5.9)$$

При этом должно соблюдаться условие окупаемости проекта, т.е. отрицательный финансовый результат базового периода должен окупиться в отчетном периоде, согласно выражению (5.10):

$$\Pi_{\phi}^{t+2} \geq \Pi_{\phi}^{t+1} + [\Delta\Pi(t_2) - \sum_{k=1}^K \Delta S(t_2)] \quad (5.10)$$

Подобное перекрытие убытка отчетного периода является экономически обоснованным при нормальной для лесной отрасли рентабельности инвестиций и капитала.

Таким образом, обобщенная формула по этапам создания и развития ТСЛФ примет вид (5.11):

$$\Pi_{\Phi}^T = \sum_{t=0}^T [\Pi_{\Phi}^t + (\Delta\Pi(t) - \sum_{k=1}^K \Delta S(t))] \quad (5.11)$$

Формула коэффициента отклонения фактической прибыли от плановой в общем виде может быть представлена выражением (5.12):

$$K_{\text{отк}}^{tn} = \frac{\Pi_{\Phi}^{t+n} = \sum_{n=1}^N [\Pi_{\Phi}^t + (\Delta\Pi(t) - \sum_{k=1}^K \Delta S(t))]}{\Pi_{\text{пл}}^{t+n} = \Pi_{\text{пл}}^t + \Delta\Pi(t)} \quad (5.12)$$

В целях прогнозирования фактической прибыли данная формула использоваться не может, так как для расчета  $K_{\text{отк}}^{tn}$  используется уже известная фактическая прибыль по этапам создания и развития ТСЛФ.

$K_{\text{отк}}^{tn}$  – показатель отклонения общей планируемой прибыли за период освоения территории лесного фонда  $T$  от полученной прибыли по факту после завершения этапов строительства.

Для прогноза фактической прибыли нами предлагается использовать коэффициент усредненного отклонения. Для его формализации, представленной выражением (5.14), необходимо определить коэффициенты отклонения плана от факта за первых 3-5 отчетных периодов  $t$ . Формула коэффициента отклонения друг от друга обозначенных показателей на период  $t$  представлена выражением (5.13):

$$K_{\text{отк}}^t = \frac{\Pi_{\Phi}^{t+1} = \Pi_{\Phi}^t + (\Delta\Pi(t) - \sum_{k=1}^K \Delta S(t))}{\Pi_{\text{пл}}^{t+1} = \Pi_{\text{пл}}^t + \Delta\Pi(t)} \quad (5.13)$$

$$K_{\text{отк}}^{tcp} = \frac{\sum_{t=0}^{t+n} K_{\text{отк}}^t}{n} \quad (5.14)$$

где  $n$  – количество отчетных периодов  $t$  (этапов создания и развития ТСЛФ).

Таким образом, прогнозируемую величину фактической прибыли от многоцелевого лесопользования с учетом создания и развития лесотранспортных систем на территории лесного фонда ( $\Pi_{\Phi}^T$ ), согласно выражению (5.8) можно представить выражением (5.15):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{t=0}^T (\Pi_{\text{пл}}^t \cdot K_{\text{отк}}^t) \approx \Pi_{\text{пл}}^T \cdot K_{\text{отк}}^{tcp} \\ \Pi_{\text{пл}}^{t+1} \cdot K_{\text{отк}}^t \geq \Pi_{\Phi}^t \end{array} \right. \quad (5.15)$$

Приближенное значение показателей обуславливается усреднением коэффициента отклонения планируемой прибыли от фактической.

Подобный подход к прогнозированию фактической прибыли от многоцелевого лесопользования, посредством строительства и эксплуатации ТСЛФ за период освоения территории лесного фонда обеспечивает корректный прогноз величины фактической прибыли с учетом: природно-производственных условий региона; динамики параметров лесного фонда и ТСЛФ; затрат на строительство и эксплуатацию ТСЛФ с учетом изменений параметров внешней среды; издержек, включающих в себя потери от снижения качества сырья; внеплановый ремонт машин и оборудования; потери от простоев по внутрипроизводственным причинам; недостача материальных ценностей в производстве и на складах при отсутствии виновных лиц; затраты на возмещение причиненного работникам вреда здоровью, связанного с выполнением ими трудовых обязанностей и т.п.

Данный методологический аппарат является частью укрупненной модели оценки эффективности планирования лесной транспортной сети на базе комплексного подхода в области определения показателя  $P_{\phi}^T$ .

#### 5.4 Планирование капитализированных затрат, связанных с освоением территорий лесного фонда с учетом уровня развития лесотранспортной сети

Планирование капитализированных затрат ( $S_{\text{сум}}^T$ ) (затрат, связанных с главным и разрешенным (побочным) лесопользованием; лесовосстановлением, как после главного пользования лесами так и в послепожарный период; строительством и эксплуатацией ТСЛФ и пр. за период освоения территории лесного фонда) реализуется посредством разработанной нами математической модели в динамической постановке на базе комплексного подхода к лесопользованию.

Отмеченные планируемые суммарные затраты (максимально допустимые затраты) определяются выражением (5.16):

$$\left\{ \begin{array}{l} S_{\text{сум}}^T = S_{\text{пр}} + S_{\text{кос}} \rightarrow \min \\ S_{\text{пр}} = \sum_{t=0}^T \frac{(\Pi_3 + \Pi_в + P'_{ij} \cdot \Delta t(t))}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \\ S_{\text{кос}} = \sum_{t=0}^T \frac{(\Pi_{\text{вп}} + \Pi_{\text{оп}} + \Pi_{\text{ох}} + \Pi_{\text{г}} + \Pi_{\text{у}})}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \\ T = \sum_{t=0}^T t_n \end{array} \right. \quad (5.16)$$

где  $S_{\text{пр}}$  – суммарные прямые затраты, связанные с лесозаготовками, лесовосстановлением, строительством и эксплуатацией ТСЛФ за период освоения территории лесного фонда, руб.;

$S_{\text{кос}}$  – суммарные косвенные затраты, связанные с лесозаготовками, лесовосстановлением, строительством и эксплуатацией ТСЛФ за период освоения территории лесного фонда, руб.;

$\Pi_3$  – приведенные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛФ, руб.;

$\Pi_в$  – нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов, гарантирующие их восстановление на вырубках, выращивание до возраста зрелости, охрану и защиту, руб.;

$P'_{ij}$  – омертвление актива лесного хозяйства (не реализация) от не освоения территории лесного фонда ввиду отсутствия дорожной сети, на  $1\text{м}^3$  (гектар, выдел,  $\text{м}^2$ ) в момент времени  $t$ , руб.;

$\Delta t$  – период неосвоения территории лесного фонда, лет;

$e$  – коэффициент дисконтирования;

$T$  – период освоения территории лесного фонда, лет;

$t$  – время от момента оценки до момента заготовки ресурса,  $t \in \{0, \dots, T\}$ , лет;

$\Pi_{\text{г}}$  – затраты на содержание социальной инфраструктуры, создаваемой в связи с использованием водных ресурсов, руб./га., на момент времени  $t$ ;

$P_y$ - неучтенный в хозяйственной деятельности ущерб от загрязнения окружающей среды, руб./га, на момент времени  $t$ ;

$P_{вп}$  – расходы вспомогательных производств, связанные со строительством и эксплуатацией ТСЛФ лесозаготовками, лесовосстановлением, руб.;

$P_{оп}$  – общепроизводственные расходы, связанные с лесозаготовками, лесовосстановлением, руб.;

$P_{ох}$  – общехозяйственные расходы, связанные с лесозаготовками, лесовосстановлением, строительством и эксплуатацией ТСЛФ, руб.;

$n$  – количество этапов строительства ТСЛФ за период освоения территории лесного фонда,  $n \in \{1, \dots, N\}$ .

Приведенные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛФ в период времени  $t$  определяются выражением (5.17):

$$\begin{cases} P_z = P_{стр} + P_{экс} \rightarrow \min \\ P_{стр} = (P_{дсм} + P_{тр} + P_{тех} + P_{зп}) \cdot \prod_{k=1}^K k_i \\ P_{экс} = (P_c + P_p + P_a + P_{ср} + P_l) \cdot \prod_{k=1}^K k_n \end{cases} \quad (5.17)$$

где  $P_{стр}$  – затраты на создание ТСЛФ в период времени  $t$ , руб.;

$P_{экс}$  – затраты на эксплуатацию ТСЛФ в период времени  $t$ , руб.;

$P_{дсм}$  – стоимость дорожно-строительных материалов, полуфабрикатов, конструкций и изделий в период времени  $t$ , руб.;

$P_{тр}$  – транспортные расходы на доставку материалов и рабочих в период времени  $t$ , руб.;

$P_{тех}$  – затраты на приобретение и эксплуатацию строительных машин и оборудования в период времени  $t$ , руб.;

$P_{зп}$  – основная и дополнительная заработная плата рабочих в период времени  $t$ , руб.;

$k_i$  – коэффициенты, корректирующие суммарную величину затрат на строительство ТСЛФ в период времени  $t$  в зависимости от влияния природно-географических факторов, таких как влияние вида грунта на ширину работ по рубке деревьев, корчевке пней, снятию растительного слоя, засыпки ям, разравниванию и уплотнению грунта; влияние вида грунта на объем работ по возведению земляного полотна в зависимости от ширины земляного полотна, рабочей отметки и вида грунта; влияние отдаленности строительства дороги от промышленных центров и путей сообщения и т.п.;

$П_c$  – затраты на строительство временных веток и усов, руб.;

$П_p$  – заработная плата рабочих, руб.;

$П_a$  – амортизационные отчисления для постоянных путей, руб.;

$П_{cp}$  – затраты на содержание и текущий ремонт транспортной сети, руб.;

$П_l$  – транспортные расходы на вывозку лесного сырья, руб.

$k_n$  – коэффициенты, корректирующие суммарную величину эксплуатационных затрат в период времени  $t$ .

Нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов, гарантирующие их восстановление на вырубках, выращивание до возраста зрелости, охрану и защиту включают в себя:

- нормативные затраты на воспроизводство  $l$ -той породы ( $d$ -того ресурса), гарантирующие ее (его) восстановление как на вырубках, так и после лесных пожаров, выращивание до возраста зрелости, охрану и защиту, руб./га., на момент времени  $t$ . Данный показатель включают в себя: затраты, связанные с лесовосстановлением (затраты на посадочный материал, затраты на материалы и использование геодезических приборов, затраты на зарплату рабочих занятых на лесовосстановительных работах, транспортные расходы на доставку рабочих до мест посадки, затраты на уход за лесными культурами по годам выращивания и т.д.) как до рубки, если использованию

подлежал восстановленный лес, так и после использования ресурса, расходы на расчистку горельников для приведения их в состояние, пригодное для ведения лесного хозяйства и лесопользования; а так же расходы на проведение дополнительных санитарных рубок (сплошных и выборочных) в насаждениях, пройденных  $k$ -тым лесным пожаром и т.п.

- суммарные затраты на тушение лесных пожаров включающие в себя: заработную плату (с начислениями) занятых тушением пожара рабочих лесхоза, баз авиационной охраны лесов, привлеченных на тушение пожара работников из других организаций и предприятий, иных категорий населения; стоимость услуг машин, тракторов, других механизмов, в том числе собственных, использованных при тушении лесного пожара, рассчитанная, исходя из отработанных смен, средств пожаротушения и других грузов, используемых при тушении лесного пожара; стоимость израсходованных при тушении пожара материалов, средств тушения и другого имущества, используемого при тушении пожара; расходы на питание работников, занятых на тушении лесного пожара, почтово-телеграфные и другие расходы, связанные с мерами по тушению лесного пожара, предусмотренные действующим законодательством [124, 126, 158].

Данные затраты определяются выражением:

$$P_B = (P_M + P_{\text{тех}}^* + P_{\text{тр}}^* + P_{\text{зп}}^*) \cdot \prod_{k=1}^K k_v \quad (5.18)$$

где  $P_M$  – материальные затраты на проведение мероприятий по воспроизводству, охране и защите лесов в период времени  $t$ , руб.;

$P_{\text{тех}}^*$  – затраты на приобретение и эксплуатацию машин и оборудования в период времени  $t$ , руб.;

$P_{\text{тр}}^*$  – транспортные расходы на доставку материалов и рабочих в период времени  $t$ , руб.;

$P_{\text{зп}}^*$  – основная и дополнительная заработная плата рабочих в период времени  $t$ , руб.;

$k_v$  – коэффициенты, корректирующие суммарную величину нормативных затрат на воспроизводство, охрану и защиту лесов в период времени  $t$ .

Коэффициенты  $k_v$  учитывают влияние изменения планируемых объемов работ, влияние технической оснащенности бригад на величину нормативных затрат, влияние природно-климатических условий местности и т.п.

Следует отметить, что затраты, приведенные в выражении (5.18), относятся к прямым затратам, и, как другие прямые затраты, будут учитываться при формировании себестоимости лесопродукции. Затраты на управление природоохранной деятельностью являются косвенными и учитываются в категории общехозяйственных расходов.

Коэффициенты  $k$  представляют собой отклонение фактических показателей проекта от плановых.

Сумма затрат ( $P_{вп} + P_{оп} + P_{ох} + P_{г} + P_{у}$ ) рассматривается нами как накладные расходы, связанные с организацией, управлением и обслуживанием технологических процессов: лесозаготовок, лесовосстановления, строительства и эксплуатации ТСЛФ за период освоения территории лесного фонда. Данный методологический аппарат является частью укрупненной модели оценки эффективности планирования, создания и развития лесной транспортной сети на базе комплексного подхода в области определения показателя ( $S_{сум}^T$ ). Следует обозначить, что особого внимания требуют транспортные издержки в рамках показателя ( $S_{сум}^T$ ), поскольку именно данные статьи затрат в реалиях функционирования транспортно-технологического процесса предприятий лесного комплекса являются необоснованно завышенными, в основном, ввиду неэффективности и дезорганизации технологических схем использования подвижного состава в аспекте многоцелевого лесопользования. Именно поэтому, эффективность использования подвижного состава при проведении лесоинженерных и

лесохозяйственных мероприятий находится в тесном сопряжении с величиной транспортных издержек в контексте многоцелевого лесопользования. В этой связи в п. 5.5 настоящего исследования приводятся технологические схемы рациональной организации, как процесса вывозки лесных ресурсов, так и доставки сил и средств пожаротушения к очагу возгорания при возникновении лесного пожара, соответственно, с учетом уровня развития ТСЛФ.

## 5.5 Методологические аспекты проектирования эффективных схем функционирования транспортно-технологического процесса при реализации лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий

### 5.5.1 Оценка эффективности использования подвижного состава на вывозке лесных ресурсов

В научной литературе [88, 109, 129, 136, 150 и др.] решение инженерной задачи по повышению эффективности вывозки древесного сырья потребителю, как отмечалось выше, носит многовариантный характер и базируется на различных критериях оптимальности, в основном, таких как: выбор вида подвижного состава; выбор поставщика древесного сырья; выбор месторасположения лесных складов и технологий складирования и др. [136]. Однако в данных научных трудах динамическая составляющая транспортно-технологического процесса, природно-климатические условия, а также уровень развития лесотранспортной сети при вывозке древесины с лесосеки потребителю учитываются лишь локально, хотя очевидно, что данные показатели при оптимизации указанного процесса необходимо учитывать в комплексе, так как постановка отмеченной задачи является многокритериальной, в базисе которой находится эффективность использования подвижного состава во взаимозависимости с показателем

уровня развития лесотранспортной сети. Поэтому определение эффективности использования подвижного состава на вывозке древесного сырья необходимо проводить с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда в целях минимизации транспортных затрат посредством выбора оптимальной технологической схемы организации лесотранспортного процесса.

Эффективность использования подвижного состава на вывозке древесного сырья с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда ( $\text{ЭФ}^{\text{TP}}$ ) в интервал времени  $t$  определяется отношением суммарной производительности лесовозных автопоездов в стоимостном выражении, занятых на вывозке древесины к суммарной стоимости машино-смены, согласно выражению (5.19):

$$\begin{cases} \text{ЭФ}^{\text{TP}}(t) = \frac{\Pi_{\text{с}}^{\text{сум}}(t)}{C_{\text{мс}}^{\text{сум}}(t)} \times 100\% \\ \Pi_{\text{с}}^{\text{сум}}(t) = \Pi_{\text{н}}^{\text{сум}}(t) \times C_{\text{ср}} \rightarrow \max \end{cases} \quad (5.19)$$

где  $\Pi_{\text{с}}^{\text{сум}}(t)$  – суммарная производительность лесовозных автопоездов в стоимостном выражении, занятых на вывозке древесины за машино – смену в интервал времени  $t$ ,  $t \in [0, \dots, T]$ , руб.;

$\Pi_{\text{н}}^{\text{сум}}(t)$  – суммарная производительность лесовозных автопоездов в натуральном выражении, занятых на вывозке древесины за машино – смену в интервал времени  $t$ ,  $t \in [0, \dots, T]$ , м<sup>3</sup>;

$C_{\text{ср}}$  - средневзвешенная цена древесного сырья, руб. за м<sup>3</sup>;

$C_{\text{мс}}^{\text{сум}}(t)$  - суммарная стоимость машино-смены в интервал времени  $t$ , руб. Данный показатель включает в себя затраты на: топливо; смазочные материалы; ремонт и техобслуживание; зарплату водителей; амортизацию и пр.

Суммарную производительность лесовозных автопоездов, занятых на вывозке древесины за машино – смену в интервал времени  $t$ , нами предлагается вычислять, согласно выражению (5.20):

$$\Pi_{\text{H}}^{\text{СУМ}}(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{k=1}^K \left( \frac{(T_c - t_{\text{ЛПЗ}}) \cdot K_{\text{В}} \cdot Q_{\text{ЛЛ}} \cdot K_{\text{ЭФ}}}{120 \left( \frac{l_{\text{М}}}{v_{\text{ЛМ}} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_{\text{В}}}{v_{\text{ЛВ}} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_{\text{У}}}{v_{\text{ЛУ}} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} \right) + t_{\text{ЛПР}}} + \frac{((T_c - t_{\text{ЛПЗ}}) - t_{\text{ТПЗ}} - t_{\text{ПЕР}}) \cdot K_{\text{В}} \cdot Q_{\text{ТЛ}} \cdot (1 - K_{\text{ЭФ}})}{120 \left( \frac{l_{\text{М}}}{v_{\text{ТМ}} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_{\text{В}}}{v_{\text{ТВ}} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_{\text{У}}}{v_{\text{ТУ}} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} \right) + t_{\text{ТПР}}} \right) \quad (5.20)$$

где  $T_c$  – продолжительность рабочей смены, мин;

$t_{\text{ЛПЗ}}$ ,  $t_{\text{ТПЗ}}$  – подготовительно-заключительное время за смену, соответственно, для легких и тяжелых автопоездов, мин;

$K_{\text{В}}$  – коэффициент использования рабочего времени;

$Q_{\text{ЛЛ}}$ ,  $Q_{\text{ТЛ}}$  – полезная нагрузка на легкий и тяжелый автопоезд, соответственно, м<sup>3</sup>;

$l_{\text{М}}$ ,  $l_{\text{В}}$ ,  $l_{\text{У}}$  – среднее расстояние вывозки древесины, соответственно, по магистрали, ветке и усу, км;

$v_{\text{ЛМ}}$ ,  $v_{\text{ЛВ}}$ ,  $v_{\text{ЛУ}}$ ,  $v_{\text{ТМ}}$ ,  $v_{\text{ТВ}}$ ,  $v_{\text{ТУ}}$  – среднетехнические скорости движения легких и тяжелых лесовозных автопоездов, соответственно, по магистрали, ветке и усу, км/ч;

$t_{\text{ПЕР}}$  – время на перегрузку древесины с легких на тяжелые автопоезда, мин;

$t_{\text{ЛПР}}$ ,  $t_{\text{ТПР}}$  – время простоя под погрузкой-разгрузкой, соответственно, для легких и тяжелых автопоездов, мин;

$K_{\text{ЭФ}}$  – коэффициент эффективности плеча вывозки древесины легким и тяжелым транспортом, соответственно. Данный коэффициент определяется отношением расстояния использования легкого или тяжелого транспорта леса к общему расстоянию вывозки. Указанный коэффициент находится в прямой зависимости от почвенно-грунтовых условий и условий увлажнения, характеризующих тип леса и влияющих на затраты на строительство дороги и эксплуатационные затраты на вывозку древесины. Определяется на интервале от 0 до 1;

$k$  – тип подвижного состава,  $k \in [1, \dots, K]$ ;

$\prod_{k_c=1}^K k_c$  - рассматривается нами, как влияние факторов снижающих скорость лесовозных автопоездов. К данным факторам относятся: изменения направления уклонов лесовозной дороги; скорость ветра; интенсивность движения; метеорологические условия; степень ровности дорожного покрытия. Согласно источнику [150], основным из данных факторов является ровность дорожного покрытия, так как с изменением степени ровности в широких пределах меняются ускорения колебаний лесовозных поездов. При определенных условиях ускорения колебаний нарастают и, следовательно, увеличивают динамическую нагруженность несущих элементов машины. Неровность оказывает прямое влияние на потерю мощности автопоездов, затрачиваемой на преодоление неровностей дорожного покрытия, вследствие чего имеет место дополнительный расход топлива. Влияние неровности дорожного покрытия на среднетехнические скорости лесовозных поездов определяется согласно источнику [150].

Ограничениями математической модели являются:

1. Соответствие скоростей легких и тяжелых автопоездов нормативным требованиям [36].

2. Если коэффициент  $K_{эф} = 0$ , то транспортировка древесины будет производиться с использованием одноступенчатой технологии вывозки древесины, транспортом тяжелого типа. Тогда выражение (5.20) будет иметь следующий вид (5.21):

$$\Pi_H^{сум}(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{k=1}^K \left( \frac{(T_c - t_{ТПЗ}) \cdot K_B \cdot Q_{ТЛ}}{120 \left( \frac{l_M}{v_{TM} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_B}{v_{TB} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_Y}{v_{TY} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} \right) + t_{ТПП}} \right) \quad (5.21)$$

3. Если коэффициент  $K_{эф} = 1$ , то транспортировка древесины будет производиться с использованием одноступенчатой технологии вывозки древесины, транспортом легкого типа. Вследствие отмеченного условия выражение (5.20) принимает следующий вид (5.22):

$$\Pi_{\text{H}}^{\text{сум}}(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{k=1}^K \left( \frac{(T_c - t_{\text{лпз}}) \cdot K_{\text{В}} \cdot Q_{\text{лл}}}{120 \left( \frac{l_{\text{М}}}{v_{\text{лМ}} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_{\text{В}}}{v_{\text{лВ}} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_{\text{У}}}{v_{\text{лУ}} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} \right) + t_{\text{лпр}}} \right) \quad (5.22)$$

4. Естественное снижение среднетехнических скоростей лесовозных автопоездов:

$$\prod_{k_c=1}^K k_c \geq 0 \quad (5.23)$$

5. Транспортная доступность лесоучастков:

Согласно источнику [168] эффективное плечо вывозки древесного ресурса не должно превышать доступное с экономической точки зрения расстояние доставки.

$$l_{\text{М}} + l_{\text{В}} + l_{\text{У}} \leq L_{\text{дост}} \quad (5.24)$$

6. Естественная неотрицательность грузопотоков:

$$Q_{\text{лл}}, Q_{\text{тл}}(t) \geq 0; t = 0, \dots, T; k = 1, \dots, K. \quad (5.25)$$

Предлагаемая математическая модель оценки эффективности использования подвижного состава с учетом фактора планирования транспортной сети на территории лесного фонда в динамической постановке позволяет осуществить выбор оптимальной транспортно-технологической схемы вывозки древесного сырья в целях сокращения транспортных издержек в статьях затрат лесозаготовительных предприятий. Разработанная модель обладает гибкостью позволяющей ее использование в различных вариантах сопряжения природно-климатических, почвенно-грунтовых и технологических факторов.

Подводя итоги данного параграфа, следует отметить, что технологическая схема осуществления разрешенного (побочного) лесопользования и лесовосстановительных работ будет носить одноступенчатый характер вне зависимости от природно-климатических и почвенно-грунтовых условий. Вопрос оптимизации транспортных схем в целях повышения эффективности охраны лесов подробно рассмотрен в следующем параграфе.

### 5.5.2 Оценка эффективности доставки сил и средств пожаротушения с учетом планирования дорог лесохозяйственного назначения

Опираясь на изложенное в пунктах 1.3, 2.4, 3.4 и 4.4 настоящего исследования, эффективность доставки сил и средств пожаротушения с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда ( $\text{Эф}^{\text{пт}}$ ) в интервал времени  $t$  пожароопасного сезона определяется отношением фактического времени доставки спецтехники и пожарных бригад к очагу возгорания к нормативному времени доставки сил и средств пожаротушения, согласно выражению (5.26):

$$\text{Эф}^{\text{пт}}(t) = \lim_{t_{\text{факт}} \rightarrow 0} \frac{t_{\text{факт}}(t)}{t_{\text{норм}}(t)} \times 100\% \quad (5.26)$$

где  $t_{\text{факт}}(t)$  – фактическое время доставки спецтехники и пожарных бригад к очагу возгорания, рассчитывается согласно уровню развития транспортной сети на территории лесного фонда, и зависит от наличия данной сети, скорости движения спецтехники, которая напрямую зависит от рельефа местности, дорожной одежды, качества содержания дороги и др. в интервал времени  $t$ ,  $t \in [0, \dots, T]$ , ч.;

$[0, \dots, T]$ - период пожароопасного сезона;

$t_{\text{норм}}(t)$  – нормативное время доставки людей и спецтехники, которое согласно источнику [142] не должна превышать 3 часа. В случае если бригада не успевает прибыть в течение 3 часов на место пожара, то подключается помощь с воздуха [150].

Следует отметить, что нормативное время доставки необходимых сил и средств пожаротушения находится в прямой зависимости от возможной силы и скорости распространения лесного пожара, а также от и степени пожарной опасности. Данная степень, согласно источнику [150] подразделяется на 5 классов [См. таблицу 5.1]. Также необходимо обозначить, что при возникновении лесного пожара на территории лесного фонда, характеризующейся отсутствием лесных дорог, доставка спецтехники и

другого наземного транспорта является невозможной. В этой связи фактическое время доставки спецтехники к очагам возгораний напрямую зависит от транспортной доступности территории лесного фонда, подвергшейся негативному воздействию лесного пожара, в том числе от наличия специально отведенных противопожарных дорог и скорости движения по ним [266].

Таблица 5.1 - Классы пожарной опасности в лесах

Класс пожарной опасности	Характерные типы леса	Наиболее вероятные типы пожаров	$t_{\text{норм}}$ , часы
I (очень высокая)	Захламленные хвойные молодняки, сосняки, лишайниковые.	Верховые и низовые в течение всего пожароопасного сезона	0,5-1*
II (высокая)	Сосняки брусничные, сосновый подрост с можжевельниковым подлеском.	Низовые пожары в течение всего сезона, а верховые в календарный максимум	1-2
III (средняя)	Сосняки брусничные и кисличные, ельники, березняки.	Низовые и верховые возможны в период летнего максимума	2-3
IV (низкая)	Черничные и крапивные. Сосняки и насаждения лиственных пород. Дубравы, ясенники.	Очереди низовых возможны в травянистых типах леса в периоды максимумов	3
V (очень низкая)	Ельники долгомошные, березняки, осоковые, сфанговые.	Возникновение пожара возможно только при особо неблагоприятных условиях погоды (длительная засуха)	3

\*При ветре более 5 м/с нормативное время должно быть сокращено в 2 раза. Если нет возможности сократить это время, то пропорционально увеличивается количество бригад и техники [150].

Таким образом, фактическое время доставки спецтехники к очагам возгораний в интервал времени  $t$ , нами предлагается вычислять, согласно выражению (5.27):

$$t_{\text{факт}}(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{k=1}^K \frac{t_{\text{норм}}(t)}{\frac{l_M}{v_M \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_B}{v_B \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_Y}{v_Y \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_U}{v_U \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c} + \frac{l_{\Pi}}{v_{\Pi} \cdot \prod_{k_c=1}^K k_c}} \quad (5.27)$$

где  $l_M, l_B, l_Y$  – расстояние доставки спецтехники и пожарных бригад, соответственно, по магистрали, ветке и усу, км;

$l_U$  – расстояние от пожарного пункта до границы лесничества, км;

$l_{\Pi}$  – расстояние по пересеченной местности (пешее), км;

$v_M, v_B, v_Y$  – среднетехнические скорости движения спецтехники, соответственно, по магистрали, ветке и усу, км/ч;

$v_u$ - скорость движения спецтехники от пожарного пункта до границы лесничества, км/ч;

$v_{\Pi}$ - скорость спец. бригад и пожаротушащей техники по пересеченной местности (пешая), принимается, согласно источнику [150] 4 км/ч;

$k$ - тип спецтехники,  $k \in [1, \dots, K]$ ;

$\prod_{k_c=1}^K k_c$  - рассматривается нами, как влияние факторов снижающих скорость доставки спецтехники и пожарных бригад к очагу возгорания, аналогично п. 5.5.1 настоящего исследования.

Математическая модель характеризуется следующими ограничениями:

1. Соответствия фактического времени прибытия спецтехники и пожарных бригад к очагу возгорания, принятого в нормативах.

$$t_{\text{факт}}(t) \leq t_{\text{норм}}(t) \quad (5.28)$$

2. Достаточного уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда:

$$\begin{cases} l_{\Pi}^{\text{расч}}(t) = \frac{(t_{\text{норм}}(t) \cdot (t_{\text{м}}(t) + t_{\text{в}}(t) + t_{\text{у}}(t) + t_{\text{u}}(t) - t_{\text{норм}}(t))) \cdot v_{\Pi}}{t_{\text{норм}}(t)} \\ l_{\Pi}^{\text{факт}}(t) \leq l_{\Pi}^{\text{расч}}(t) \end{cases} \quad (5.29)$$

где  $t_{\text{м}}(t), t_{\text{в}}(t), t_{\text{у}}(t), t_{\text{u}}(t)$  – фактическое время движения спецтехники и пожарных бригад по магистрали, ветке, усю и от пожарного пункта до границы лесничества, соответственно, ч;

$l_{\Pi}^{\text{расч}}(t)$  – предельно допустимое расчетное расстояние движения спецтехники и пожарных бригад по пересеченной местности (пешее), км;

$l_{\Pi}^{\text{факт}}(t)$ - фактическое расстояние движения спецтехники и пожарных бригад по пересеченной местности (пешее), км.

Если условие  $l_{\Pi}^{\text{факт}}(t) \leq l_{\Pi}^{\text{расч}}(t)$  не выполняется, очевидно, что доставка спецтехники и пожарных бригад не укладывается в нормативное время при существующей сети дорог. Следовательно, необходимо

строительство дополнительных лесных дорог лесохозяйственного назначения, благодаря которым будет обеспечиваться доставка сил и средств пожаротушения в нормативное время в отдаленные места.

3. Естественной не отрицательности переменных:

$$v_m, v_b, v_y, v_u \geq 0; l_m, l_b, l_y, l_u, l_{\pi}, l_{\pi}^{\text{факт}}(t), l_{\pi}^{\text{расч}}(t) \geq 0; \\ t = 0, \dots, T; k = 1, \dots, K. \quad (5.30)$$

В основе разработанной модели лежит критерий оптимальности, направленный на поиск минимального времени доставки спецтехники и пожарных бригад к очагу возгорания и обеспечивающий комплексный подход к условиям успешной ликвидации лесного пожара.

Предлагаемая математическая модель оценки эффективности доставки спецтехники и пожарных бригад к очагу возгорания при возникновении лесных пожаров с учетом фактора планирования транспортной сети на территории лесного фонда в динамической постановке позволяет осуществить выбор наиболее рациональной схемы организации доставки сил и средств пожаротушения в целях сокращения временных затрат, что является ключевым аспектом снижения негативного воздействия пожара на лесные экосистемы.

## 5.6 Выводы по пятому разделу

Подводя итоги пятого раздела диссертационного исследования можно сделать следующие выводы:

1. В основу предлагаемой методологической разработки положены: инструментарий математической статистики; методы теории вероятности и комбинаторики; приемы динамического и экономико-математического моделирования; методологический аппарат финансовой математики и прогнозирования. Совокупность перечисленных, применяемых к разработке, инструментов дает возможность модели оценки эффективности планирования транспортной сети на территории лесного фонда быть: гибкой

к изменениям, связанным с пространственно-временной динамикой внешней среды; достаточно простой в использовании; универсальной для различных производственно-климатических условий.

2. Разработанная модель призвана обеспечить расчет комплексного технико-эколого-социо-экономического эффекта от реализации проекта планирования ТСЛФ на базе качественно-количественного критерия оптимальности принятия инженерных решений.

3. В основе определения комплексного эффекта от реализации государственного проекта планирования лесотранспортной сети лежит отношение прогнозной величины фактической прибыли от многоцелевого лесопользования к совокупным затратам, связанным с получением указанного финансового результата предприятия инвестирующего в отмеченный проект. Подобный подход к обоснованию эффективности ТСЛФ обеспечивает расчет величины, указывающей, сколько реальной прибыли получено при освоении лесных земель посредством планирования лесотранспортной сети на один рубль совокупных капитализированных затрат, связанных с главным и побочным лесопользованием, проведением лесохозяйственных мероприятий, а также с затратами на строительство ТСЛФ и эксплуатационными затратами.

4. Показатели совокупных капитализированных затрат и фактической прибыли инвестирующего в государственный проект предприятия, в данной методологической разработке, определяются с учетом: природно-производственных условий региона; динамики параметров лесного фонда в сопряжении с ТСЛФ; затрат на строительство и эксплуатацию ТСЛФ с учетом изменений условий внешней среды; издержек, включающих в себя потери от снижения качества сырья; внеплановый ремонт машин и оборудования и др. Подобный подход к планированию совокупных затрат и прогнозированию финансового результата от хозяйственной деятельности инвестирующего в государственный проект предприятия позволяет учесть в технико-экономических расчетах факторы внешней и внутренней среды,

которые оказывают косвенное влияние в сторону снижения прибыли и, соответственно, повышения величины совокупных капитализированных затрат.

5. Также предлагаемая математическая модель обеспечивает оптимизацию в аспекте формирования транспортной составляющей многоцелевого лесопользования, посредством возможности выбора рациональных транспортно-технологических схем вывозки лесного ресурса и проведения лесовосстановительных мероприятий с учетом природно-климатических и почвенно-грунтовых факторов.

6. Реализуемый посредством предложенной аналитико – математической модели подход к созданию противопожарных лесных дорог, основанный на критерии времени доставки сил и средств пожаротушения позволит обеспечить транспортную доступность к очагам пожара всех сил и средств пожаротушения в соответствии с нормативом времени, посредством:

- оценки уровня развития противопожарных лесных дорог, т.е. выявление насколько полноценно обеспечиваются отдаленные участки лесничества нормативным временем реагирования при имеющейся лесотранспортной сети;

- определения необходимости проектирования дополнительных лесных дорог лесохозяйственного назначения, благодаря которым будет обеспечиваться доставка сил и средств пожаротушения в нормативное время в отдаленные места.

Учитывая обозначенные выше преимущества представленной в пятом разделе настоящего исследования математической модели, очевидна необходимость апробации разработанного методологического аппарата путем расчетно-вычислительного эксперимента.

## 6 Экспериментальное обоснование модели определения эффективности планирования лесной транспортной сети на базе комплексного подхода

### 6.1 Основные характеристики субъектов лесного хозяйства (пилотных территорий для реализации расчетно-вычислительного эксперимента)

Расчетно – вычислительный эксперимент, в целях обоснования модели определения эффективности планирования лесной транспортной сети на базе комплексного подхода, приведенной в п.5.2 настоящего исследования, реализован в трех лесничествах Красноярского края. В качестве пилотных территорий для производства отмеченного эксперимента были выбраны лесничества различные по: природно-производственным условиям; параметрам существующей лесотранспортной сети; характеристикам ведения хозяйственной деятельности.

В целях постановки указанного расчетно-вычислительного эксперимента приведем основные характеристики обозначенных субъектов лесного хозяйства.

*Абанское лесничество Красноярского края.* Лесничество расположено в центральной части Красноярского края на территории Абанского (98,0 %), Богучанского (0,9 %) и Тасеевского (1,1 %) муниципальных районов. Протяжённость территории лесничества составляет с севера на юг 120 км, с запада на восток - 125 км. Административное здание краевого государственного бюджетного учреждения «Абанское лесничество» находится в селе Абан, расположенном в 310 км от краевого центра города Красноярска и в 65 км от железнодорожной станции Канск - Енисейский. Общая площадь земель лесного фонда лесничества составляет 422827 га и в административно – хозяйственном отношении подразделяется на пять участковых лесничеств: Почетское, Каменское, Абанское, Долгомостовское и

Абанское сельское [см. рисунки 6.1 – 6.2]. Земли лесного фонда лесничества разделены на 1090 кварталов, при этом средняя величина квартала составляет 388 га [1].

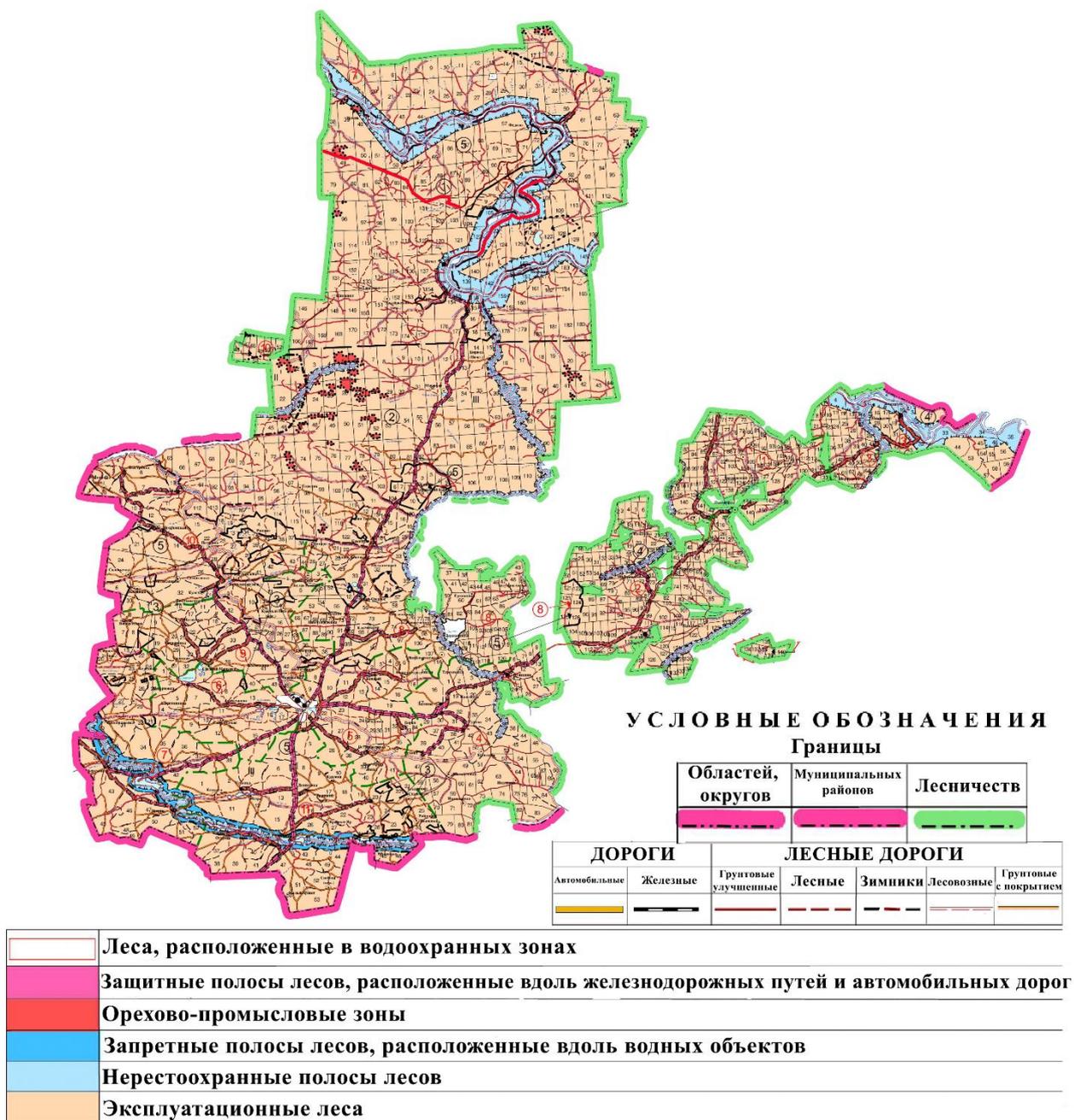


Рисунок 6.1 - Поквартальная карта - схема подразделения лесов по целевому назначению с нанесением местоположения существующих и проектируемых особо охраняемых природных территорий, объектов лесной, лесоперерабатывающей инфраструктуры в Абанском лесничестве масштаб 1: 500000 [160].

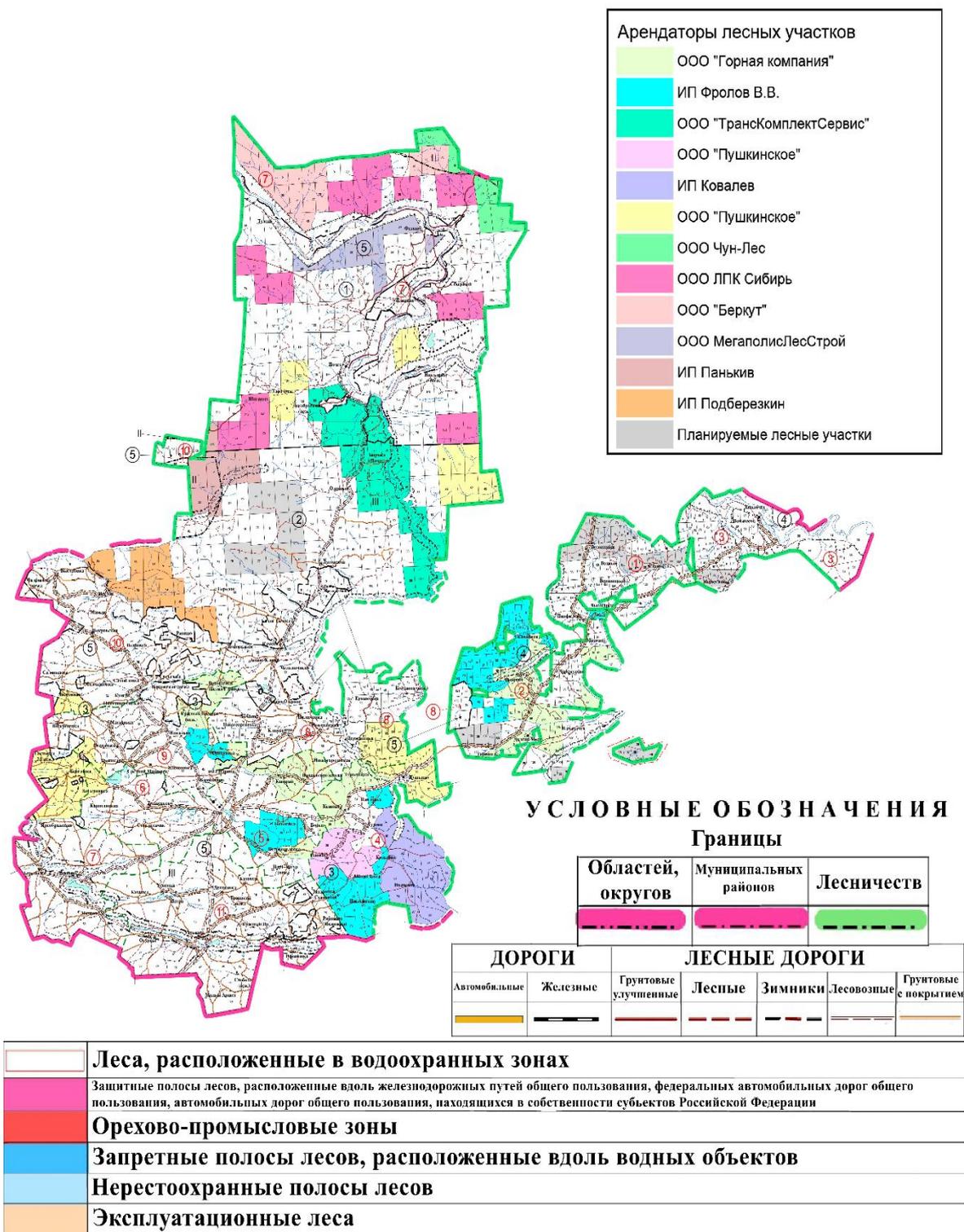


Рисунок 6.2 - Карта-схема лесных участков на территории Абанского лесничества предоставленных и планируемых для предоставления в пользование для заготовки древесины [160].

На территории данного лесничества имеется 1335 км лесных дорог, в том числе: автомобильные дороги – 1335 км, из них: с твердым покрытием – 8 км, грунтовых – 1327 км, в том числе круглогодичных – 556 км.

Плотность лесных дорог на 1000 га лесного фонда составляет 3,2 км/1000 га (значение показателя, согласно третьему разделу настоящего исследования, является довольно низким). На сегодняшний день объекты транспортной структуры лесничества находятся в состоянии упадка и требуют проведения реконструкции, ухода или обновления.

Большинство лесных дорог (в том числе лесовозных и лесохозяйственного назначения) предназначено для охраны лесов от пожаров.

Посредством анализа статистических данных о лесных пожарах в Абанском лесничестве за последние 3 года (2019–2021 гг.) [91] были выявлены в процентном соотношении причины возгораний, из которых:

- пожары в результате влияния природного фактора (грозы) составили 9 %;
- посредством влияния антропогенного фактора – 70 %;
- в результате технических сбоев в работе линейных объектов (линии электропередач, авто - и железных дорог, трубопроводов) – 1 %;
- 20% лесных пожаров перешли с земель иных категорий.

Возникновение высокого процента лесных пожаров посредством антропогенного фактора обуславливается наличием множества населенных пунктов, сосредоточенных в южной части данного лесничества. В течение 3-х последних лет количество возгораний не опускается ниже 33 пожаров в год.

В 2019 году зафиксировано аномальное количество лесных пожаров по сравнению с 2020 и 2021 годами и составило 92 очага горения.

Средняя выгоревшая лесная площадь составила 11266 га, включая 5 особо крупных пожаров [См. таблицу 6.1].

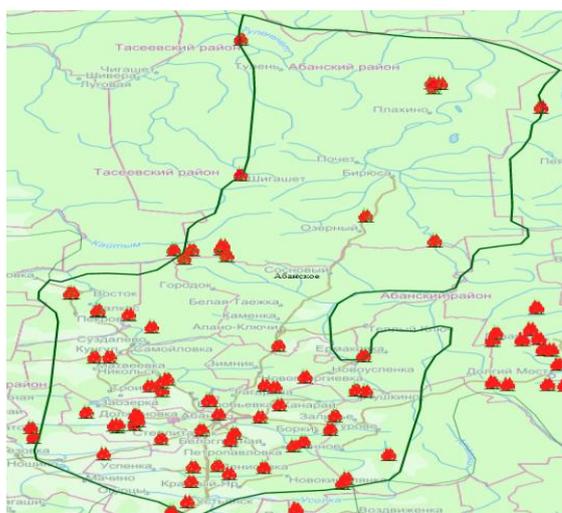
Таблица 6.1- Статистические данные о пожарах в Абанском лесничестве Красноярского края за 2019-2021 гг.

Участковое лесничество	Квартал участкового лесничества с зафиксированными очагами возгорания			Пройденная огнем территория лесного фонда на момент ликвидации пожара, га					
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Покрытая лесом			Не покрытая лесом		
				2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Абанское село	5 (2), 6, 7, 8 (3), 9, 10 (2), 11 (3), 14 (3), 15 (2), 16, 17, 18, 20, 22, 25, 27, 31 (3), 32 (2), 34 (4), 36 (2), 39, 41, 42 (2), 44 (2), 45, 51, 59, 70, 96 (2), 108, 116	1 (2), 4, 5, 8, 9, 13 (2), 15 (2), 16 (2), 17, 18 (3), 22, 23, 28, 29 (2), 32, 34 (2), 39 (2), 40 (2), 41 (2), 42, 48, 50, 69, 94, 99 (2), 116, 127	7 (2), 9 (2), 10 (2), 13 (2), 14, 15, 18 (2), 25, 26, 33 (2), 34, 37, 38, 50, 74, 98	2265,7 6	789,3	461,8	154,9	33,2	129
Долгомостовское	3, 10, 17, 29, 34 (2), 41 (2), 52, 56, 57, 58, 71 (2), 89, 97, 104, 112 (2), 113, 114 (2), 125, 126, 129, 136	8, 32, 45, 51 (2), 53, 63, 80, 99, 100, 120, 136	35 (2), 37, 43, 93, 97	3112,5	3478,8	259,2	68	721	-
Каменское	12, 45 (2), 45, 47, 46 (2), 62	21 (2)	90	2480,4	3,5	90	37	10	-
Абанское	26, 96	17, 21		418,7	49	-	-	2,3	-
Почетское	3, 71 (3), 95, 148	87, 92, 105	49	7267,5	40,1	49	199	6	1

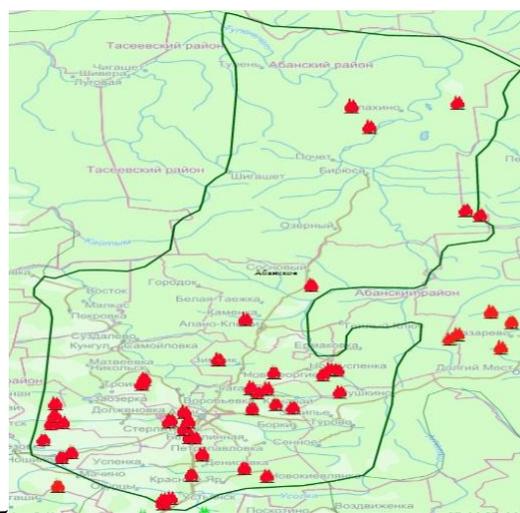
Первый из данных пожаров возник по вине человека 18.05.2019г., в третьем квартале Долгомостовского участкового лесничества, севернее деревни Лазарево, находящейся на правом берегу реки Черчет. Несмотря на быстрое реагирование в первые сутки площадь, пройденная огнем, составила -550 га, пожар был полностью ликвидирован на 3 сутки с отметкой в 2044 га. Данное обстоятельство обуславливается природно-климатическими условиями, способствующими быстрому распространению пожара, а также недостаточным количеством пожарных бригад и их слабой технической вооруженностью.

Второй пожар по вине человека возник 30.05.2019г. в северо-западной части Абанского лесничества у берегов реки Большая Бирюса, учитывая отдаленность от населенных пунктов, пожар был частично локализован только на 5 сутки, за это время он успел достигнуть площади с 16 га до 271 га и был полностью ликвидирован 08.06.2019г., с отметкой выгорания земель лесного фонда в 955 га. Оставшийся 3 крупных пожара возникли по

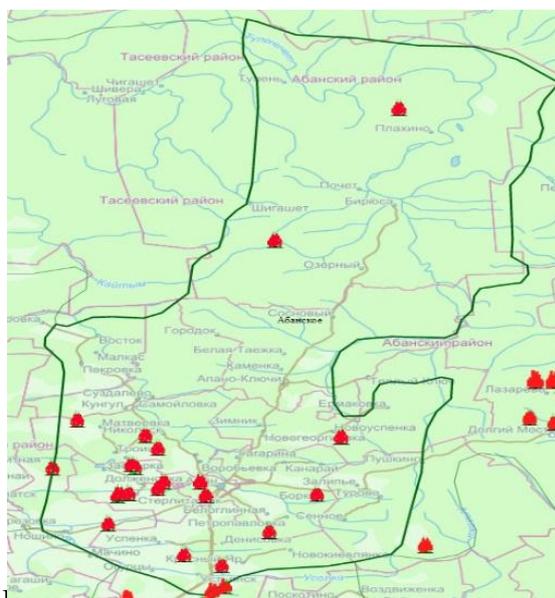
вине гроз, среди них особо отмечается пожар, чья площадь на момент ликвидации составила 6100 га. Данный пожар возник в северной части между Абанским и Долгомостовским участковыми лесничествами и в конце первого дня уже достиг отметки в 20 га, после чего пораженная площадь начала расти в геометрической прогрессии, и составила - 800 га уже на 4 день. На ликвидацию отмеченного пожара ушло 15 дней. Карты лесных пожаров в Абанском лесничестве за 2019 г. представлены рисунком 6.3.



а) Карта лесных пожаров за 2019г



б) Карта лесных пожаров за 2020г



б) карта лесных пожаров за 2021г

Рисунок 6.3 - Карта лесных пожаров в Абанском лесничестве за 2019-2021гг.

В 2020 году количество пожаров составило 58 очагов возгорания, с одним особо крупным лесным пожаром, чья площадь на момент ликвидации достигла 1672 га. Данный пожар возник по вине населения в Долгомостовском участковом лесничестве 21.04.2020г. вдали от населенных пунктов и был полностью ликвидирован 25.04.2020г., на второй день площадь пройденная огнем с 10 га, достигла 500 га.

В 2021 году на территории Абанского лесничества было зафиксировано 33 лесных пожара, общая площадь выгорания составила - 1388,2 га, что на 27% меньше по отношению к 2020 году. Данное обстоятельство обуславливается, как отмечалось ранее, отсутствием в 2021 году пожаров с большой территорией выгорания и несколько меньшим количеством очагов возгорания.

Исходя из материала, представленного выше, несложно заключить, что довольно высокие отметки выгоревших лесных площадей в Абанском лесничестве связаны с недостаточными: уровнем развития транспортной сети на территории лесного фонда (в том числе сети дорог противопожарного назначения, особенно в северной части лесничества) и эффективностью проведения противопожарных мероприятий.

*Богучанское лесничество.* Лесничество расположено в восточной части Красноярского края на территории Богучанского муниципального района. Протяженность территории лесничества с юга на север составляет 66 км, а с востока на запад – 64 км.

Общая площадь земель лесного фонда лесничества составляет 288618 га и в административно – хозяйственном отношении подразделяется на два участковых лесничества: Богучанское и Карабульское.

Земли лесного фонда лесничества разделены на 373 квартала, при этом средняя величина квартала составила 774 га [См. рисунки 6.4 – 6.5].

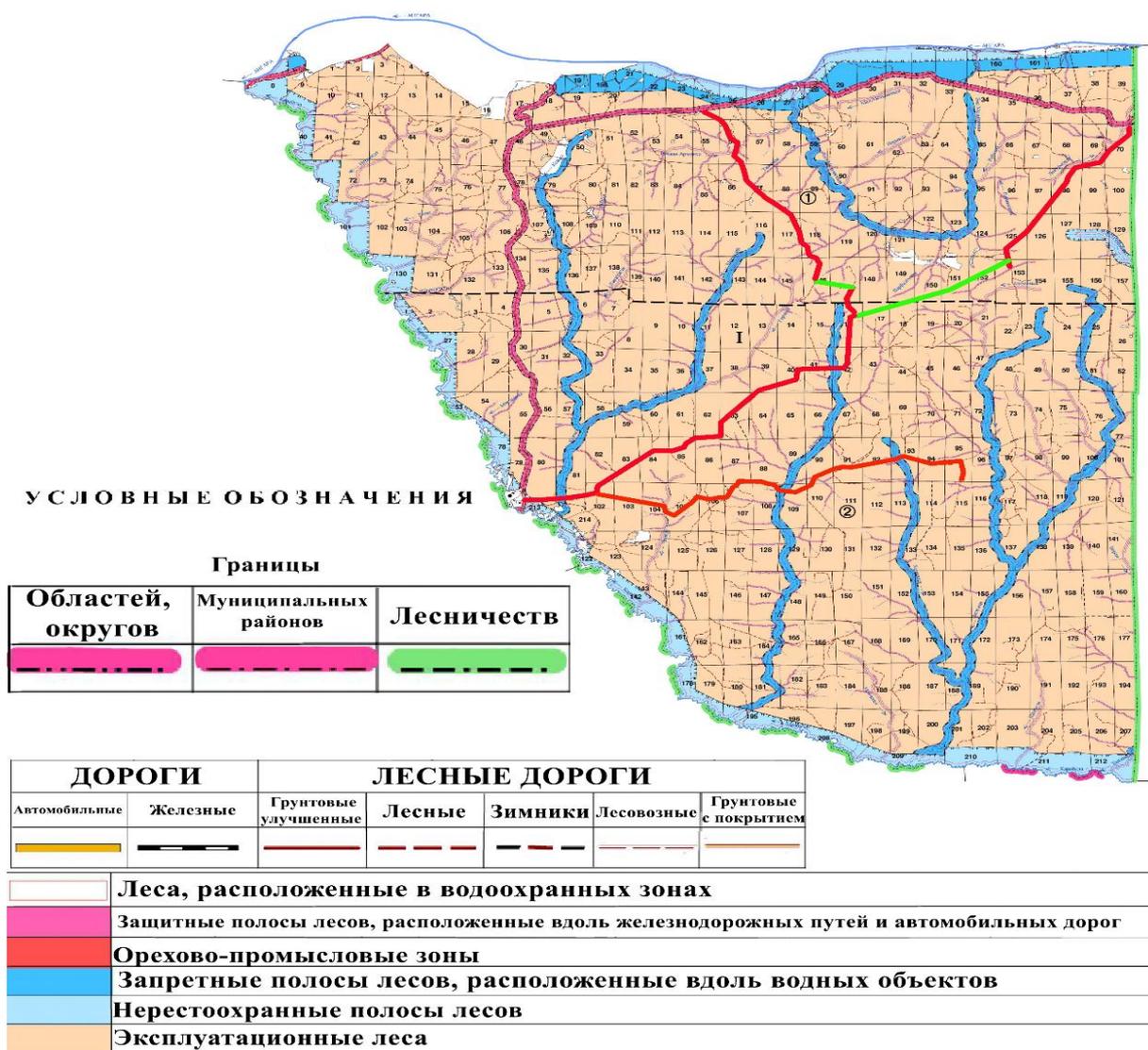


Рисунок 6.4 - Поквартальная карта схема подразделения лесов по целевому назначению с нанесением местоположения существующих и проектируемых особо охраняемых природных территорий, объектов лесной, лесоперерабатывающей инфраструктуры в Богучанском лесничестве масштаб 1 : 300000 [161].

На территории лесничества имеются дороги, протяженность которых составляет 744 км, в том числе: автомобильные – 725 км, из них: с твердым покрытием – 125 км; грунтовым покрытием – 600 км, из них: круглогодического действия – 139 км; зимники – 19 км. Плотность дорог на 1000 га лесного фонда составляет 2,6 км (значение показателя, согласно третьему разделу настоящего исследования, является довольно низким).

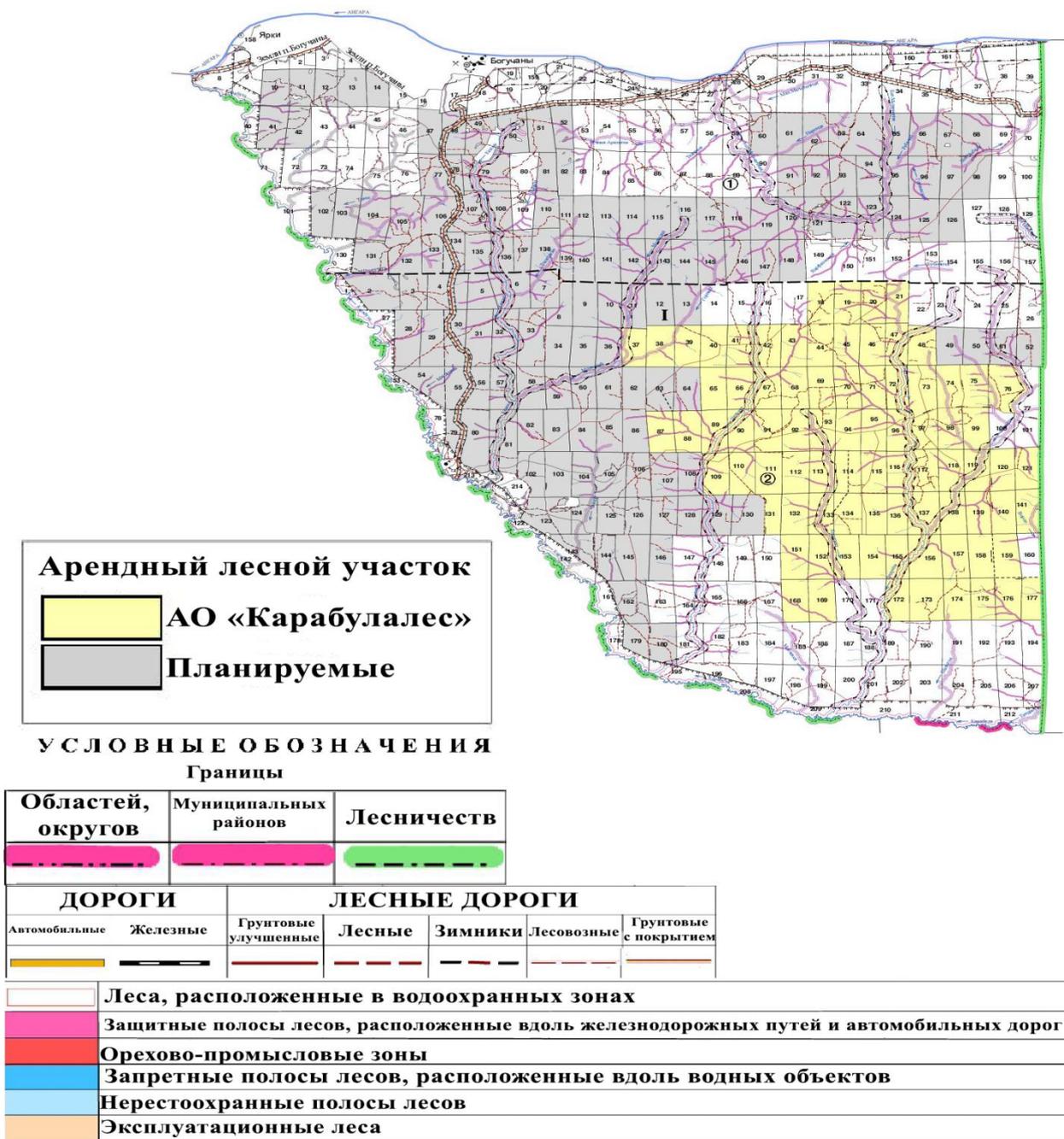


Рисунок 6.5 - Карта-схема лесных участков на территории Богучанского лесничества предоставленных и планируемых для предоставления в пользование для заготовки древесины масштаб 1: 300000 [161].

Объекты транспортной структуры лесничества находятся в состоянии упадка и требуют проведения реконструкции, ухода или обновления. Как, например, объект законсервированного строительства, находящийся на

территории лесничества - железная дорога (строительство 2009-2011 годов). Существующая сеть лесных дорог в основном связана с главным лесопользованием. Лесные дороги противопожарного назначения практически отсутствуют. Посредством анализа статистических данных о лесных пожарах в Богучанском лесничестве за последние 3 года (2019–2021 гг.) [91] были определены в процентном соотношении причины возгораний, из которых: пожары из-за гроз составили 52 %; по вине населения – 44 %; от линейных объектов 4%. Учитывая небольшие размеры лесничества, за 3 года по сравнению с другими субъектами лесного хозяйства, количество очагов возгораний является достаточно невысоким и составляет - 31 лесной пожар. Статистические данные о пожарах в Богучанском лесничестве Красноярского края за 2019-2021 гг. приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Статистические данные о пожарах в Богучанском лесничестве Красноярского края за 2019-2021 гг.

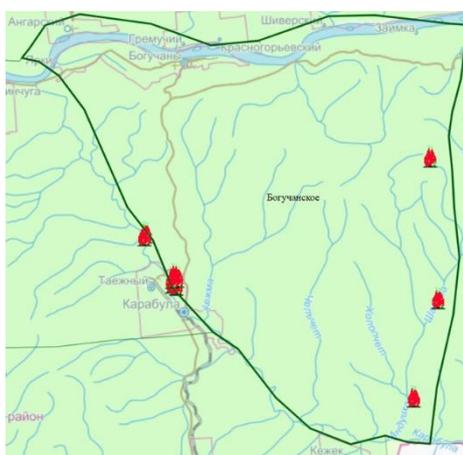
Участковое лесничество	Квартал участкового лесничества с зафиксированными очагами возгорания			Пройденная огнем территория лесного фонда на момент ликвидации пожара, га					
				Покрытая лесом			Не покрытая лесом		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Богучанское	155	27 (2), 145, 41, 44 (2)	95 (2), 22, 26, 11	7006	60,6	19,9	194	4	-
Карабульское	78 (4), 79 (2), 119, 27, 189, 27, 155	79, 1, 211	78, 213	71,5	20,6	280	3,5	-	10

Согласно, статистическим данным, приведенным в таблице 6.2 за 2019г., в Богучанском лесничестве Красноярского края пройденная лесными пожарами площадь лесного фонда составила – 7275 га.

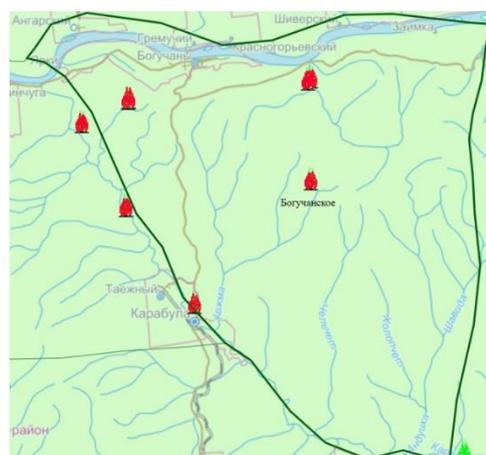
Основная масса очагов возгораний на землях лесного фонда расположена вблизи села «Карабула» и поселка «Гремучий», причиной данных возгораний является антропогенный фактор. Данные лесные пожары не имели масштабного распространения по территории лесного фонда и были оперативно ликвидированы. В отличие от лесного пожара, возникшего

вдали от населенных пунктов, зафиксированного 01.07.2019г. в 155 квартале Богучанского лесничества, причина возникновения данного пожара - природный фактор (гроза). Данный лесной пожар был частично локализован 06.07.2019г. и 16.07.2019г. полностью ликвидирован, с отметкой выгоревшей площади лесного фонда в 7006 га. Очевидно, что потери лесных площадей ввиду негативного воздействия указанного пожара, связаны с бездорожьем.

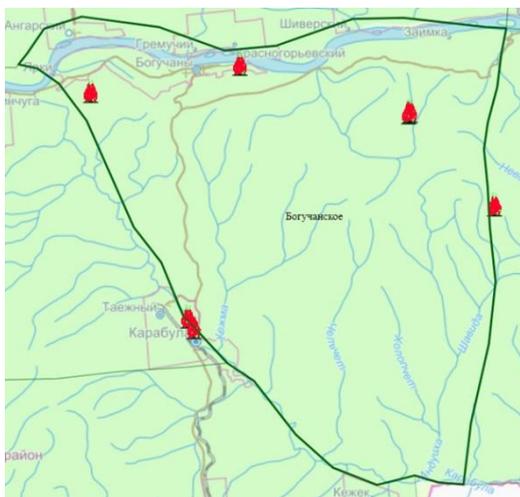
Карты лесных пожаров в Богучанском лесничестве за 2019, 2020, 2021г. представлены рисунком 6.6.



а) Карта лесных пожаров за 2019г



б) Карта лесных пожаров за 2020г



в) Карта лесных пожаров за 2021г

Рисунок 6.6 - Карта лесных пожаров в Богучанском лесничестве за 2019-2021гг.

Исходя из статистики учета лесных пожаров в Богучанском лесничестве Красноярского края, касательно 2020-2021 гг., следует отметить, следующее: за 2020 г. пройденная пожарами площадь лесного фонда составила – 81,2 га; за 2021 г. пройденная пожарами площадь лесного фонда составила – 299,9 га.

Следует отметить, что на рисунках 6.6а, 6.6б, 6.6в отмечены очаги возгораний, нанешие наиболее существенный ущерб землям лесного фонда, т.е. при которых территории выгорания составили более 2 га. Согласно данным таблицы 6.2, отметка выгорания земель лесного фонда посредством пожаров в 2021 году приближенно в 3,5 раза выше по отношению к 2020 году. Данное обстоятельство обусловлено различием природно-климатических условий в пожароопасный период в анализируемые временные интервалы и отличие во времени на ликвидацию очагов возгорания.

*Манское лесничество.* Лесничество расположено в Центральной части Красноярского края на территории четырех муниципальных районов: Манского (84,9%), Балахтинского (1,1 %), Березовского (7,8 %) и Партизанского (6,2 %). Протяженность территории лесничества с юга на север составляет 175 км, а с запада на восток – 66 км. Общая площадь лесного фонда лесничества составляет 519 444 га и в административно – хозяйственном отношении подразделяется на семь участковых лесничеств: Баджейское, Колбинское, Крольское, Унгутское, Шалинское, Шалинское (сельское), Манское. Земли лесного фонда лесничества разделены на 1168 кварталов, при этом средняя величина квартала составила 444 га [см рисунки 6.7-6.8].

На территории лесничества имеются: дороги - 2640 км, в том числе: с твердым покрытием – 40 км, грунтовые – 2600 км, из них круглогодичного действия – 547 км и зимники – 2 км.

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

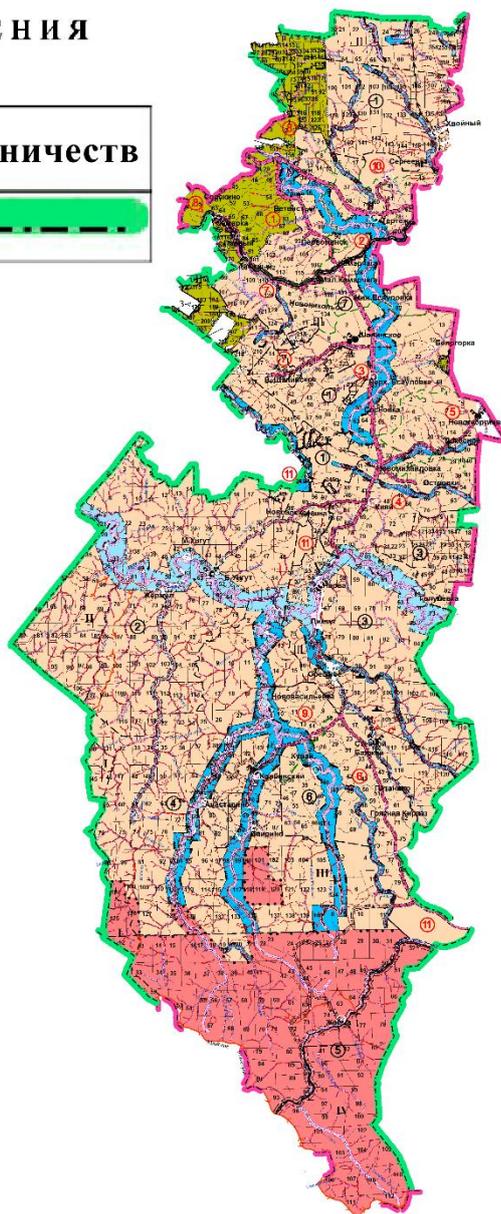
### Границы

Областей, округов	Муниципальных районов	Лесничеств
		

ЛЕСНЫЕ ДОРОГИ	
Грунтовые с покрытием	
Лесовозные	
Зимники	
Лесные	
Грунтовые улучшенные	

ДОРОГИ	
Железные	
Автомобильные	



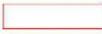
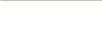
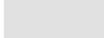
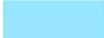
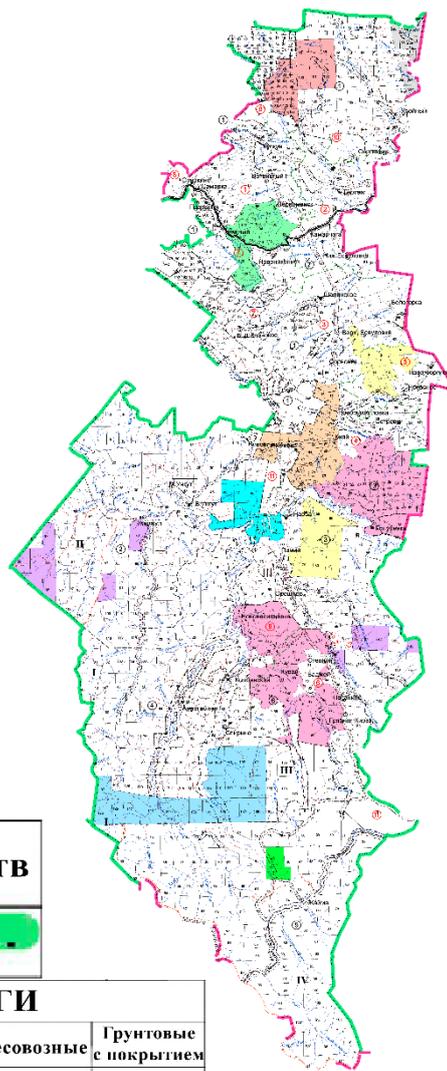
	Леса, расположенные в водоохранных зонах
	Защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей и автомобильных дорог
	<b>Орехово-промысловые зоны</b>
	Запретные полосы лесов, расположенные вдоль водных объектов
	Нерестоохранные полосы лесов
	Эксплуатационные леса

Рисунок 6.7- Поквартальная карта схема подразделения лесов по целевому назначению с нанесением местоположения существующих и проектируемых особо охраняемых природных территорий, объектов лесной, лесоперерабатывающей инфраструктуры в Манском лесничестве масштаб 1 : 300000 [162].

Арендные лесные участки	
	ИП Д.Я.Пивчук
	СПСК "Зеленкова"
	ООО "Хозяин тайги"
	ООО "Удирей"
	ООО "Сибком"
	ООО "Сибирский лес"
	ООО "ДОК "Енисей""
	ИП С.В.Дайберг
	ГПКК "Красноярское управление лесами"
	ООО "Сиблес"
	ООО "СибСельМаш"



**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

**Границы**

Областей, округов	Муниципальных районов	Лесничеств
		

ДОРОГИ		ЛЕСНЫЕ ДОРОГИ				
Автомобильные	Железные	Грунтовые улучшенные	Лесные	Зимники	Лесовозные	Грунтовые с покрытием
						

	Леса, расположенные в водоохранных зонах
	Защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей и автомобильных дорог
	Орехово-промысловые зоны
	Запретные полосы лесов, расположенные вдоль водных объектов
	Нерестоохранные полосы лесов
	Эксплуатационные леса

Рисунок 6.8. - Карта-схема лесных участков на территории Манского лесничества предоставленных и планируемых для предоставления в пользование для заготовки древесины [162].

Плотность дорог на 1000 га составляет 5,1 км. Довольно высокая плотность лесных дорог связана с активным разрешенным (побочным) (на территории лесничества расположено множество туристических баз) лесопользованием в лесничестве. Хотя из существующих объектов лесной

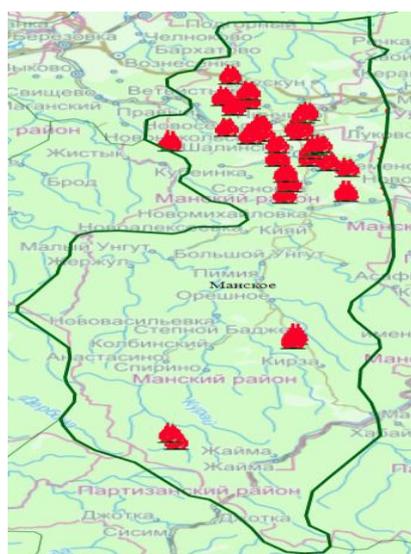
инфраструктуры большинство кварталных просек и столбов требуют проведения расчистки просек и замены столбов. Большинство лесохозяйственных и противопожарных дорог, мостов, минерализованных полос, противопожарных барьеров требуют проведения ремонта, ухода или обновления. Касательно пожароопасной ситуации на землях Манского лесничества, необходимо отметить нижеследующее.

Посредством анализа статистических данных о лесных пожарах в Манском лесничестве [см. таблицу 6.3] за последние 3 года (2019–2021 гг.) были определены в процентном соотношении причины возгораний, из которых пожары в результате воздействия природного фактора (грозы) составили 3 %, по вине населения – 49 %, в результате сбоев в работе линейных объектов (линии электропередач, авто- и железных дорог, трубопроводов) – 2 %, остальные 46 % пожаров перешли с земель иных категорий [91].

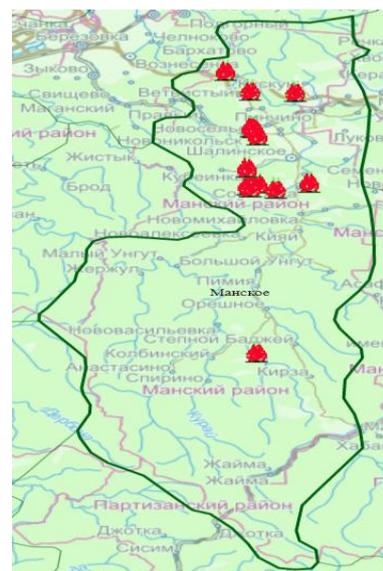
Таблица 6.3 - Статистические данные о пожарах в Манском лесничестве Красноярского края за 2019-2021 гг.

Участковое лесничество	Квартал участкового лесничества с зафиксированными очагами возгорания			Пройденная огнем территория лесного фонда на момент ликвидации пожара, га					
				Покрытая лесом			Не покрытая лесом		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Шалинское сел.	1, 3 (2), 5, 6, 8, 9, 10, 11 (2), 31, 32, 37 (2), 52, 62, 68, 69, 70 (2), 88, 98 (2), 106, 110, 128 (2), 134, 193	44, 6, 10, 16, 43, 50, 56, 59, 60, 106 (2)	3, 8 (2), 15, 26, 36, 39, 54 (2), 63, 72, 77, 81, 82, 114	235,4	132	35,7	0	278	3
Баджейское	12		8, 28	19	-	33	-	-	77
Унгутское	32, 23	36, 46	-	56	11	-	30	-	-
Крольское	1, 3 (2), 5, 6, 8, 9, 10, 11 (2), 31, 32, 37 (2), 52, 62, 68, 69, 70 (2), 88, 98 (2), 106, 110, 128 (2), 134, 193	44, 6, 10, 16, 43, 50, 56, 59, 60, 106 (2)	3, 8 (2), 15, 26, 36, 39, 54 (2), 63, 72, 77, 81, 82, 114	235,4	132	35,7	0	278	3
Манское	12		8, 28	19	-	33	-	-	77

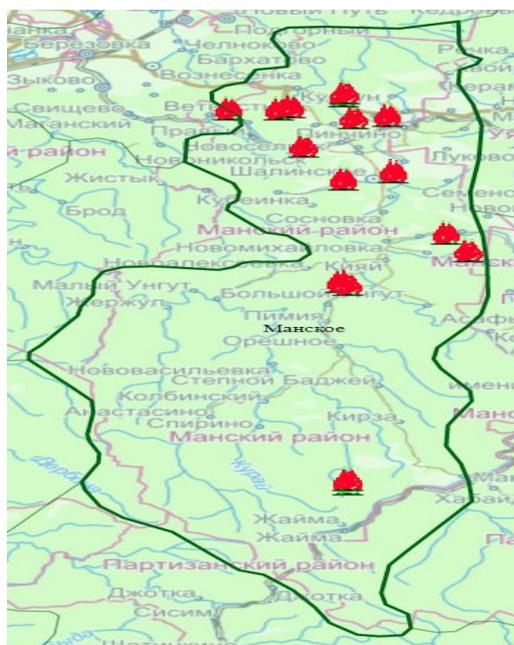
Согласно данным таблицы 6.3, свыше 80% лесных пожаров приходится на территорию лесного фонда Шалинского участкового лесничества, расположенного в северной части Манского лесничества. Данное обстоятельство обуславливается развитой инфраструктурой указанного района и высокой плотностью населения. Карты лесных пожаров в Манском лесничестве представлены рисунком 6.9.



а) Карта лесных пожаров за 2019г



б) Карта лесных пожаров за 2020г



в) Карта лесных пожаров за 2021г

Рисунок 6.9 - Карта лесных пожаров в Манском лесничестве за 2019-2021гг.

Несмотря на наличие множественных очагов возгораний в районе Шалинского участкового лесничества, процент выгорания территории лесного фонда не является значительным.

Данное обстоятельство характеризуется расположением в северной части лесничества лесопожарных формирований и пунктов сосредоточения противопожарного инвентаря. Отмеченные пункты дислокации сил и средств пожаротушения имеют достаточную вооруженность для ликвидации лесных пожаров IV – V классов природной пожарной опасности, что позволяет достаточно эффективно (в кратчайшие сроки) устранить очаги возгорания.

Следует отметить, что за анализируемый временной период в Манском лесничестве вдали от населенных пунктов возник 1 крупный лесной пожар. Причиной возгорания послужил антропогенный фактор, во время обнаружения площадь данного лесного пожара составляла - 4 га, к моменту ликвидации отмеченного пожара площадь, пройденной огнем территории достигла 80 га.

Учитывая вышеобозначенное, очевидна необходимость, проектирования дополнительных дорог противопожарного назначения. Также для производства экспериментальных расчетов необходимыми исходными данными является численное распределение лесов по целевому назначению и категориям защитных лесов.

В этой связи, следует отметить, что наибольшую площадь от общей площади рассматриваемых лесничеств занимают эксплуатационные леса (таблица 6.4), некоторым исключением является Манское лесничество, эксплуатационные леса в котором составляют около 60% от общей площади лесничества.

Таблица 6.4 - Распределение лесов по целевому назначению и категориям защитных лесов

Целевое назначение лесов	Площадь, га		
	Абанское лесничество Красноярского края	Богучанское лесничество Красноярского края	Манское лесничество Красноярского края
Всего лесов	422827	288618	519444
Защитные леса, всего:	67674	53211	211145
в том числе:			
леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях	-	-	-
леса, расположенные в водоохранных зонах	30921	22642	49334
леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов, всего	7797	5239	32295
в том числе:			
леса, расположенные в первом и втором поясах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения	-	-	-
защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей общего пользования, федеральных автомобильных дорог общего пользования, автомобильных дорог общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации	7797	5239	11137
зеленые зоны	-	-	21158
лесопарковые зоны	-	-	-
городские леса	-	-	-
леса, расположенные в первой, второй и третьей зонах округов санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов	-	-	-
ценные леса, всего	28956	25330	129516
в том числе:			
государственные защитные полосы	-	-	-
противоэрозионные леса	-	-	-
леса, расположенные в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесотундровых зонах, степях, горах	-	-	103
леса, имеющие научное или историческое значение	-	-	-
орехово-промысловые зоны	1944	-	82327
лесные плодовые насаждения	-	-	-
ленточные боры	-	-	-
запретные полосы лесов, расположенные вдоль водных объектов	1122	12605	27514
нерестоохранные полосы лесов	25890	12725	19572
Эксплуатационные леса	355153	235407	308299
Резервные леса	-	-	-

Также для производства экспериментальных расчетов необходимыми исходными данными являются природно-климатические и физико-географические, а также производственные условия рассматриваемых

субъектов лесного хозяйства. Обозначенные данные представлены в таблице 6.5 [86, 239, 242].

Таблица 6.5 - Описание производственных условий по субъектам лесного хозяйства

Субъект лесного хозяйства	Климатическая зона	Тип леса	Состав древостоя	Преобладающая порода	гидрологические условия	Рельеф	Класс пожарной опасности в лесах
Абанское лесничество	(II)	Смешанный	Береза3 Сосна1+Л иственница+Ель +Пихта	Береза, сосна	Гидрографическая сеть представлена реками Бирюса и Абан. Поймы этих рек изобилуют многочисленными озёрами, старицами, рукавами и протоками. Берега рек пологие, иногда заболоченные и частично поросшие кустарником. Все водоёмы, находящиеся на территории района, являются хорошими местами обитания и гнездования водоплавающей, болотной дичи и расселения ондатры.	50% - ровный, со средним уклоном менее 5 градусов; 50%: холмистый, со средним уклоном от 5 до 17 градусов	средний класс природной пожарной опасности равен 3,1
Богучанское лесничество	(II)	Смешанный	Сосна4Л иственница4Пих та1 +Ель	Сосна	Вся гидросеть района относится к бассейну реки Ангары. Морфологические особенности практически всех рек района не способствуют поверхностному стоку и приводят к образованию болот. Болота - кочкарные, реже моховые и травянистые. На плоских водоразделах формируются верховые болота.	В основном ровный. Преобладающие высоты над уровнем моря 300 - 500 метров. Склоны, в основном, пологие, редко превышающие 15°. Прибрежная часть вдоль реки Ангары имеет более выраженный рельеф со склонами, достигающими 20 - 25°, имея в некоторых случаях горный характер.	средний класс пожарной опасности равен 3,2.
Манское лесничество	(II)	Смешанный	Сосна2П ихта2Бе реза3О ина2+Ел ь+Пихта +Листве ница	Береза	Реки на территории района имеют типично горный характер. Берега рек обрывистые, высотой до 1,5 м, дно твердое, местами песчаное. На реках много порогов и перекатов.	разнообразен, в северной части территория холмисто-увалистая с абсолютными высотами 300 – 450 м. Склоны долин и балок крутизной 8-10° (местами до 30°). В южной части некоторые вершины достигают высоты 1500 м	средний класс пожарной опасности равен 2,3.

Также для расчета эффективности существующих транспортных сетей субъектов лесного хозяйства необходимыми являются данные о реализации разрешенного (побочного) лесопользования, которые представлены в таблицах 6.6 – 6.7 [160-162, 170-175].

Таблица 6.6 - Описание видов и размер площади побочного (разрешенного) лесопользования по субъектам лесного хозяйства

Субъект лесного хозяйства	Вид побочного (разрешенного) лесопользования	Площадь, выделенная под (разрешенное) лесопользование, га	Примечания
Абанское лесничество	Подсочка	8600	Сырьевую базу подсочки составляют сосновые спелые и перестойные насаждения, назначаемые в рубки I-IV классов бонитета.
	Сенокосы	735	
	Пастбища скота и т.п.	402	
	Кормовая база для медоносных пчел	15877	
Богучанское лесничество	Подсочка	13800	Использование лесов для осуществления видов деятельности в сфере охотничьего хозяйства осуществляется круглогодично
	Сенокосы	101	
	Пастбища скота и т.п.	11234	
	Кормовая база для медоносных пчел	4588	
Манское лесничество	Подсочка	8250	Рекомендуемые нормы выпаса скота в лесу: 3-4 га на 1 голову скота, пастьба скота должна осуществляться в 2-3 км от населенного пункта
	Сенокосы	1750	
	Пастбища скота и т.п.	18120	
	Кормовая база для медоносных пчел	10288	

Таблица 6.7 - Максимально допустимый сбор ресурсов разрешенного (побочного) лесопользования по субъектам лесного хозяйства

Наименование лесного ресурса	Единицы измерения ресурса	Максимально допустимый сбор ресурсов в лесничествах			Примечания
		Абанское лесничество	Богучанское лесничество	Манское лесничество	
Грибы	т	169,5	280,6	351,1	Заготовка пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений на территории лесничества осуществляется в весенне-летний период. Сроки заготовки дикорастущих плодов и ягод зависят от времени наступления массового созревания урожая. Периодичность плодоношения составляет 3- 4 года. Проектное покрытие ягодников составляет 15-45 %
Ягоды	т	436,9	46,4	269,1	
Лекарственные травы и т.п.	т	73,9	26,8	30	
Кедровые орехи	т	63	-	298	

На основе, приведенных в данном параграфе, основных характеристик хозяйственной деятельности субъектов лесного хозяйства в нижеследующем параграфе выполнены расчеты определения эффективности существующих транспортных сетей на территориях лесного фонда субъектов лесного хозяйства.

## 6.2 Определение эффективности существующих транспортных сетей на территориях лесного фонда субъектов лесного хозяйства

В целях производства расчета определения эффективности существующих транспортных сетей на территориях лесного фонда субъектов лесного хозяйства необходимо дополнительно к данным, представленным в предыдущем параграфе, сформировать исходные значения, которыми являются основные технико – экономические показатели хозяйственной деятельности рассматриваемых лесничеств.

Отмеченные исходные данные сформированы посредством информации, приведенной в регламентах и бухгалтерской отчетности хозяйствующих субъектов [160-162, 170-175], и представлены таблицей 6.8.

Следует обозначить, что комплексная оценка существующих транспортных сетей на территориях рассматриваемых лесничеств будет рассчитываться за последние три года, так как прогнозная величина данной оценки, необходимая в целях составления рекомендаций в области повышения указанной эффективности, актуальна лишь в краткосрочном периоде.

Учитывая вышеизложенное, очевидно, что на первом этапе комплексного оценивания существующих транспортных сетей на территориях рассматриваемых лесничеств необходимо рассчитать ресурсный потенциал отмеченных лесных земель.

**Таблица 6.8. Основные технико-экономические показатели хозяйственной деятельности по субъектам лесного хозяйства**

Наименование показателя	Ед. измерения	Субъекты лесного хозяйства		
		Абанское лесничество	Богучанское лесничество	Манское лесничество
Стоимость древесины на корню ( $C_{il}^3(t)$ )	руб./м <sup>3</sup>	198	231	253
Транспортные расходы на вывозку при заготовке объема запаса лесного сырья ( $C_{ijk}^{TP}(t)$ )	руб./м <sup>3</sup>	118,8*	147	162
Объем запаса древесины на корню ( $Q_{ijk}^3(t)$ )	м <sup>3</sup>	160	160	160
Период освоения территории лесного фонда ( $T$ )	лет	15	21	17
Годовая ставка лесных податей, взимаемых за подпочку 1 га насаждений ( $C^{год}$ )	руб./га	4800		
Коэффициент оборота рубки ( $K_p^{об}$ )	-	6,52		
Годовой размер лесных податей, взимаемый за соответствующий вид лесопользования ( $C_B^{год}$ )	руб./га	3400		
Удельная оценочная стоимость функции поглощения CO <sub>2</sub> ( $C^B$ )	руб./га	21		
Приведенные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛФ ( $\Pi_3$ )	руб./га	10132	11202	12161
Нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов, гарантирующие их восстановление на вырубках, выращивание до возраста зрелости, охрану и защиту ( $\Pi_B$ )	руб./га	14980	11690	11932
Затраты на содержание социальной инфраструктуры, создаваемой в связи с использованием водных ресурсов ( $\Pi_r$ )	руб./га	5960	5430	5430
Омертвление актива лесного хозяйства (не реализация) от не освоения территории лесного фонда ввиду отсутствия лесной дорожной сети ( $P'_{ij}$ )	руб./га	42321	38220	39761

\*Значения получены расчетным путем, согласно таблицам 6.20-6.21, на основе отчетностей субъектов лесного хозяйства.

Ресурсный потенциал земель лесного фонда рассчитан посредством ввода исходных данных в выражение (4.2), представленное в пункте 4.2 настоящего исследования.

Согласно выражению (4.2) в целях производства расчета ресурсного потенциала лесных земель, необходимо определить максимально возможную суммарную капитализированную валовую выручку по видам

лесоиспользования за оцениваемый период времени ( $t$ ). Данные расчеты представлены таблицами 6.9 – 6.11.

Таблица 6.9 – Расчет суммарной капитализированной валовой выручки от многоцелевого лесопользования в Абанском лесничестве

Показатели статей формирования суммарной капитализированной валовой выручки по видам лесопользования руб./год	Год		
	2019	2020	2021
Валовая выручка посредством отпуска древесины на корню ( $V_g(t)$ )	29065612	28063816	28564714
Валовая выручка от подсочки ( $V_{под}(t)$ )	2128128	2247578	2187853
Валовая выручка от побочного лесопользования: туризма, охоты, спорта и др. ( $V_{поб}(t)$ )	941000	382300	661650
Валовая выручка от продуцирования углеродепонирующей функции лесов ( $V_{пф}(t)$ )	45919012	48496399	47207705
<b>Итого:</b> Суммарная капитализированная валовая выручка по видам лесопользования ( $V_{вал}^t$ )	<b>78053752</b>	<b>79190093</b>	<b>78621922</b>

Таблица 6.10 – Расчет суммарной капитализированной валовой выручки от многоцелевого лесопользования в Богучанском лесничестве

Показатели статей формирования суммарной капитализированной валовой выручки по видам лесопользования руб./год	Год		
	2019	2020	2021
Валовая выручка посредством отпуска древесины на корню ( $V_g(t)$ )	42027761	23340731	47684246
Валовая выручка от подсочки ( $V_{под}(t)$ )	10584735	5692692	6009560
Валовая выручка от побочного лесопользования: туризма, охоты, спорта и др. ( $V_{поб}(t)$ )	25802174	37294081	18677280
Валовая выручка от продуцирования углеродепонирующей функции лесов ( $V_{пф}(t)$ )	31401638	32487624	31944631
<b>Итого:</b> Суммарная капитализированная валовая выручка по видам лесопользования ( $V_{вал}^t$ )	<b>109816308</b>	<b>98815128</b>	<b>104315717</b>

Таблица 6.11 – Расчет суммарной капитализированной валовой выручки от многоцелевого лесопользования в Манском лесничестве

Показатели статей формирования суммарной капитализированной валовой выручки по видам лесопользования руб./год	Год		
	2019	2020	2021
Валовая выручка посредством отпуска древесины на корню ( $V_g(t)$ )	7290638	7866423	7578530
Валовая выручка от подсочки ( $V_{под}(t)$ )	904227	1072329	988278
Валовая выручка от побочного лесопользования: туризма, охоты, спорта и др. ( $V_{поб}(t)$ )	3063873	3283597	3173735
Валовая выручка от продуцирования углеродепонирующей функции лесов ( $V_{пф}(t)$ )	56515507	58470024	57492765
<b>Итого:</b> Суммарная капитализированная валовая выручка по видам лесопользования ( $V_{вал}^t$ )	<b>67774245</b>	<b>70692373</b>	<b>69233308</b>

Далее необходимо произвести расчеты суммарных капитализированных затрат, связанных с лесозаготовками, лесовосстановлением, строительством и эксплуатацией ТСЛФ за оцениваемый период, данные затраты рассчитываются согласно данным таблицы 6.8 и выражению (4.3) пункта 4.2 с учетом изложенного в пункте 5.4 настоящего исследования. Обозначенные расчеты представлены в таблицах 6.12-6.14.

Таблица 6.12 – Расчет суммарных капитализированных затрат в Абанском лесничестве

Показатели статей суммарных капитализированных затрат, руб./год	Год		
	2019	2020	2021
Приведенные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛФ ( $P_3$ )	4500000	4655626	4752692
Нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов, гарантирующие их восстановление на вырубках, выращивание до возраста зрелости, охрану и защиту ( $P_B$ )	14302172,5	20644343,5	11778424
Затраты на содержание социальной инфраструктуры, создаваемой в связи с использованием водных ресурсов ( $P_T$ )	3230916	3412264	3321590
Неучтенный в хозяйственной деятельности ущерб от загрязнения окружающей среды ( $P_Y$ )	13530464	14289915	13910189
Омертвление актива лесного хозяйства (не реализация) от не освоения территории лесного фонда ввиду отсутствия лесной дорожной сети ( $P'_{ij}$ )	1956000	2065788	2010894
<b>Итого:</b> Суммарные капитализированные затраты ( $S$ )	<b>37519252,5</b>	<b>45067936,5</b>	<b>35773789</b>

Таблица 6.13 – Расчет суммарных капитализированных затрат в Богучанском лесничестве

Показатели статей суммарных капитализированных затрат, руб./год	Год		
	2019	2020	2021
Приведенные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛФ ( $P_3$ )	4101501	4277918	4032612
Нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов, гарантирующие их восстановление на вырубках, выращивание до возраста зрелости, охрану и защиту ( $P_B$ )	23999414,5	19813221,7	17869652,4
Затраты на содержание социальной инфраструктуры, создаваемой в связи с использованием водных ресурсов ( $P_T$ )	2230527	2142609	2283745
Неучтенный в хозяйственной деятельности ущерб от загрязнения окружающей среды ( $P_Y$ )	9235776	9555184	9395480
Омертвление актива лесного хозяйства (не реализация) от не освоения территории лесного фонда ввиду отсутствия лесной дорожной сети ( $P'_{ij}$ )	27460713	27201810	27060713
<b>Итого:</b> Суммарные капитализированные затраты ( $S$ )	<b>67027931,5</b>	<b>62990742,7</b>	<b>60642202,4</b>

Таблица 6.14 – Расчет суммарных капитализированных затрат в Манском лесничестве

Показатели статей суммарных капитализированных затрат, руб./год	Год		
	2019	2020	2021
Приведенные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛФ ( $P_3$ )	5500000	5581627	5259718
Нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов, гарантирующие их восстановление на вырубках, выращивание до возраста зрелости, охрану и защиту ( $P_B$ )	4255453,5	4510309,5	3861512,2
Затраты на содержание социальной инфраструктуры, создаваемой в связи с использованием водных ресурсов ( $P_T$ )	12940068	13041746	12990907
Неучтенный в хозяйственной деятельности ущерб от загрязнения окружающей среды ( $P_y$ )	16622208	17197066	16909637
Омертвление актива лесного хозяйства (не реализация) от не освоения территории лесного фонда ввиду отсутствия лесной дорожной сети ( $P'_{ij}$ )	11418650	11198642	10967800
<b>Итого:</b> Суммарные капитализированные затраты ( $S$ )	<b>50736379,5</b>	<b>51529390,5</b>	<b>49989574,2</b>

Ресурсный потенциал представляет собой разность между суммарной капитализированной валовой выручкой от многоцелевого лесопользования и суммарными капитализированными затратами по субъектам лесного хозяйства. Расчет ресурсного потенциала территорий лесного фонда субъектов лесного хозяйства представлен таблицей 6.15.

Таблица 6.15 - Расчет ресурсного потенциала территорий лесного фонда субъектов лесного хозяйства

субъект лесного хозяйства	ресурсный потенциал лесных земель ( $P_L$ ), руб./год		
	2019	2020	2021
Абанское лесничество	40534499,5	34122156,5	42848133
Богучанское лесничество	42788376,5	35824385,3	43673514,6
Манское лесничество	17037865,5	19162982,5	19243733,8

Очевидно, что показатель ( $P_L$ ) представляет собой величину прибыли от многоцелевого лесопользования по субъектам лесного хозяйства. Причем данная величина является фактической. Следовательно, в данном случае, показатель ( $P_L$ ) равен показателю ( $P_{\phi}^t$ ) на рассматриваемый временной интервал 2019-2021гг.

Следует обозначить, что показатель ( $\Pi_{\Phi}^t$ ) не является балансовой прибылью, так и показатель ( $V_{\text{вал}}^t$ ) не является балансовой валовой прибылью, указанной в отчетных документах субъектов лесного хозяйства. Данные показатели имеют комплексный технико-эколого-социально-экономический характер и трактуются много шире балансовых, а именно, как максимально возможные к получению с рассматриваемых территорий лесного фонда.

На втором этапе комплексного оценивания существующих транспортных сетей на территориях рассматриваемых лесничеств необходимо рассчитать коэффициент коррекции фактической прибыли от многоцелевого лесопользования на возможный ущерб лесным экосистемам от воздействия лесных пожаров ( $K^{\text{пр}}(t)$ ). Данный коэффициент представляет собой отношение разности между суммарной капитализированной выручкой от многоцелевого лесопользования ( $V_{\text{вал}}^t$ ) и выручкой, потерянной в результате негативного воздействия пожаров на лесные экосистемы ( $\Pi^c(t)$ ) к суммарной капитализированной выручке ( $V_{\text{вал}}^t$ ). Коэффициент призван обеспечить учет сокращения величины (недополучение) прибыли от многоцелевого лесопользования посредством воздействия лесных пожаров. Обозначенный коэффициент определяется, согласно выражению (5.3) п. 5.2 настоящего исследования. Суммарные потери валовой выручки ( $\Pi^c(t)$ ), в результате возникновения лесных пожаров, по видам лесопользования определяются выражением (4.25) настоящего исследования и содержат условия выражения (4.2), так как показатель ( $\Pi^c(t)$ ) является обратным для части показателя ( $V_{\text{вал}}^t$ ), соответственно, исходные данные для расчета потерь суммарной капитализированной валовой выручки содержатся в таблице 6.8. Расчет потерь отмеченной выручки представлен таблицами 6.16 - 6.18. В данных таблицах потери максимально возможной суммарной капитализированной валовой выручки посредством лесных пожаров по каждому виду лесопользования рассчитаны с учетом уценки лесных ресурсов

после пожаров. Расчет коэффициента коррекции фактической прибыли от многоцелевого лесопользования по субъектам лесного хозяйства представлен в таблице 6.19.

Таблица 6.16 – Расчет потерь суммарной капитализированной валовой выручки по видам лесопользования в Абанском лесничестве

год	Потери валовой выручки от подсочки леса, руб. $P_{\text{под}}(t)$	Потери валовой выручки от побочного лесопользования: туризма, охоты, спорта и др., руб. $P_{\text{поб}}(t)$	Потери валовой выручки от продуцирования углеродепонирующей функции лесов, руб. $P_{\text{нф}}(t)$	Потери валовой выручки посредством отпуска древесины на корню, руб. $P_g(t)$	Суммарные потери валовой выручки по видам лесопользования, руб. $P^c(t)$
2019	486530	528496	156680	8715008	9886714
2020	87200	119900	3575	1883520	2094195
2021	17200	23650	705	371520	413075

Таблица 6.17 – Расчет потерь суммарной капитализированной валовой выручки по видам лесопользования в Богучанском лесничестве

год	Потери валовой выручки от подсочки леса, руб. $P_{\text{под}}(t)$	Потери валовой выручки от побочного лесопользования: туризма, охоты, спорта и др., руб. $P_{\text{поб}}(t)$	Потери валовой выручки от продуцирования углеродепонирующей функции лесов, руб. $P_{\text{нф}}(t)$	Возможные потери валовой выручки посредством отпуска древесины на корню, руб. $P_g(t)$	Суммарные потери валовой выручки по видам лесопользования, руб. $P^c(t)$
2019	221526	2406350	71341	30574800	33274017
2020	16240	22330	666	350784	390020
2021	60000	82500	2460	1296000	1440960

Таблица 6.18 – Расчет потерь суммарной капитализированной валовой выручки по видам лесопользования в Манском лесничестве

год	Потери валовой выручки от подсочки леса, руб. $P_{\text{под}}(t)$	Потери валовой выручки от побочного лесопользования: туризма, охоты, спорта и др., руб. $P_{\text{поб}}(t)$	Потери валовой выручки от продуцирования углеродепонирующей функции лесов, руб. $P_{\text{нф}}(t)$	Потери валовой выручки посредством отпуска древесины на корню, руб. $P_g(t)$	Суммарные потери валовой выручки по видам лесопользования, руб. $P^c(t)$
2019	32176	149520	10362	444096	636154
2020	62080	253600	25453	134092	475225
2021	13740	188925	5633	296784	505082

Таблица 6.19 – Расчет коэффициента коррекции фактической прибыли от многоцелевого лесопользования по субъектам лесного хозяйства

Субъект лесного хозяйства	$K^{\text{пр}}, \%$		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Абанское лесничество	89,91	96,46	99,47
Богучанское лесничество	69,70	99,61	98,62
Манское лесничество	99,06	99,33	99,27

Далее в целях производства экспериментальных расчетов необходимо сформировать (выделить из статей общих затрат) статьи транспортных расходов на вывозку при заготовке объема запаса  $l$ -той породы и  $d$ -тых лесных ресурсов.

Технические показатели данных издержек приведены в таблицах 6.20-6.21, согласно источникам [125, 135, 160-162, 170-175, 217].

Таблица 6.20 – Технические показатели формирования статей транспортных затрат на вывозку при заготовке объема запаса  $l$ -той породы и  $d$ -тых лесных ресурсов по субъектам лесного хозяйства

Субъект* лесного хозяйства	Виды груза	Технологическая схема вывозки	подвижной состав (преобладающий)	грузоподъемность подвижного состава (т)	**Кол-во подвижного состава занятого на вывозке, ед.
Абанское лесничество	хлысты и сортименты.	одноступенчатая двухступенчатая	Урал 4320 КамАЗ 6520 МАЗ 6425	7 18,5 11,3	8
					15
					11
					Всего: ≈50
Богучанское лесничество	Деревья, хлысты и сортименты.	одноступенчатая двухступенчатая	КамАЗ 43118 КамАЗ 6520 МАЗ 6425 Урал-Ивеко 632920	8 18,5 11,3 20 17,35	6
					14
					10
					7
					5
					Всего: ≈55
Манское лесничество	хлысты и сортименты.	одноступенчатая	Маз 630300-2126 MAN-TGX 33.480	14,0 20,0	9
					6
					Всего: ≈41
Побочное (разрешенное лесопользование)					
По субъектам лесного хозяйства	В основном лекарственные травы для фармацевтических предприятий	одноступенчатая	ГАЗ 52, ЗИЛ 133	3,5 10	≈26 ≈8 Всего: ≈34

\* Расчет транспортных затрат на вывозку лесных ресурсов по субъектам лесного хозяйства представляет собой суммарные транспортные издержки предприятий, арендующих лесные участки. Наиболее крупными предприятиями-арендаторами Абанского лесничества являются: ООО "Лесные ресурсы", ООО «ЛПК Сибирь», «ИП Панькив Ю.Ю.», ООО "Чун-Лес", ООО "Мегаполис", ИП Галушкин Ю.И. [217] Богучанского лесничества: АО «Карабулалес», «Компания ПМК», «Сибрегион», ООО «Богучанское ЛПК», «БОГУЧАНСКХИМЛЕС», ОАО «Вектор» [125]. В Манском лесничестве: ООО «ДОК Енисей», ООО «Удирей», ООО «Хозяин Тайги», ООО «Сибирский лес», И.П. Дайберт С.В. [135].

\*\* на вывозке древесных ресурсов в среднем на одном предприятии используется 2-5 единиц подвижного состава.

Таблица 6.21 – Технические схемы доставки объема запаса *l*-той породы и *d*-тых лесных ресурсов по субъектам лесного хозяйства

Субъект лесного хозяйства	*Схема функционирования транспортно-технологического процесса	Среднее расстояние до нижнего склада, км	Среднее расстояние промежуточного склада, км	Среднее расстояние до потребителя, км
Абанское лесничество	$\begin{cases} Л \rightarrow П \\ Л \rightarrow Н/С \rightarrow П \\ Л \rightarrow П/С \rightarrow П \end{cases}$	120	30	170
Богучанское лесничество	$\begin{cases} Л \rightarrow П \\ Л \rightarrow Н/С \rightarrow П \end{cases}$	130	-	200
Манское лесничество	$\begin{cases} Л \rightarrow П \\ Л \rightarrow Н/С \rightarrow П \end{cases}$	80	-	150

\*Л - лесосека; П - потребитель; Н/С - нижний склад; П/С - промежуточный склад. Схема функционирования транспортно-технологического процесса Л → П наблюдается, как правило, у небольших предприятий, типа ООО «Вектор», где годовой составляет около 5-7 тыс. кубометров. Схемы с использованием нижнего и промежуточного лесных складов встречаются на больших предприятиях лесной отрасли, таких, как «ДОК Енисей», которые заготавливает больше 350 тысяч кубометров в год.

Показатели транспортных издержек на вывозке лесного сырья в стоимостном выражении представлены в таблицах 6.22 - 6.24, согласно источникам [125, 135, 217].

Таблица 6.22 – Формирование статей транспортных затрат на вывозку при заготовке объема запаса *l*-той породы и *d*-тых лесных ресурсов в Абанском лесничестве

Статьи затрат	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Затраты на ЗП основных и вспомогательных рабочих, включая отчисления по ЕСН, руб.	7065448	3361065	6866531
амортизационные отчисления, руб.	7359842	3501110	7152637
текущий ремонт, руб.	4415905	2100666	4291582
затраты на ГСМ, руб.	5887873	2800888	5722110
приобретение шин, руб.	4710299	2240710	4577688
<b>Итого:</b> Суммарные транспортные расходы на вывозку, руб.	29439367	14004438	28610548

Таблица 6.23 – Формирование статей транспортных затрат на вывозку при заготовке объема запаса *l*-той породы и *d*-тых лесных ресурсов в Богучанском лесничестве

Статьи затрат	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Затраты на ЗП основных и вспомогательных рабочих, включая отчисления по ЕСН, руб.	10371997	1161189	1140646
амортизационные отчисления, руб.	10804164	1209572	1188173
текущий ремонт, руб.	6482498	725743	712904
затраты на ГСМ, руб.	8643331	967658	950538
приобретение шин, руб.	6914665	774126	760431
<b>Итого:</b> Суммарные транспортные расходы на вывозку, руб.	43216656	4838289	4752692

Таблица 6.24 – Формирование статей транспортных затрат на вывозку при заготовке объема запаса  $l$ -той породы и  $d$ -тых лесных ресурсов в Манском лесничестве

Статьи затрат	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Затраты на ЗП основных и вспомогательных рабочих, включая отчисления по ЕСН, руб.	524926	566382,5	545654
амортизационные отчисления, руб.	546798	589981,5	568390
текущий ремонт, руб.	328078,5	353989	341034
затраты на ГСМ, руб.	437438	471985,5	454712
приобретение шин, руб.	349950,5	377588	363769,5
<b>Итого:</b> Суммарные транспортные расходы на вывозку, руб.	2187191	2359926,5	2273559

Расчет комплексной эффективности существующих транспортных сетей (по периодам времени  $t$ , равным одному году, до  $T$  –равному трем годам) в рассматриваемых лесничествах приведен в таблице 6.25. Расчет произведен, согласно, методологическому аппарату, представленному в пункте 5.2 настоящего исследования выражением (5.3).

Таблица 6.25 – Расчет комплексной эффективности существующих транспортных сетей по субъектам лесного хозяйства

Субъект лесного хозяйства	$\mathcal{E}_d^k(t), \%$			$\mathcal{E}_d^k(T), \%$
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	
Абанское лесничество	21,1	7,33	25,64	15,4
Богучанское лесничество	3,7	4,89	9,33	5,4
Манское лесничество	29,07	32,79	42,28	32,33

Исходя из данных таблицы 6.25, несложно заключить, что комплексная эффективность существующих транспортных сетей по субъектам лесного хозяйства довольно мала, особенно в Богучанском лесничестве, и является недостаточной для извлечения максимума комплексной продуктивности рассматриваемых лесных территорий. Также в данном контексте, следует обозначить, что падание эффективности транспортной сети в Абанском лесничестве в 2020 году, обусловлено высокими затратами на лесохозяйственные мероприятия. Данные затраты, были направлены на устранение последствий лесных пожаров, постигших лесничество в 2019 году. При рассмотрении комплексной эффективности существующей лесотранспортной сети в Богучанском лесничестве, необходимо отметить следующее, что, несмотря на очень низкий показатель уровня развития

лесных дорог, лесничество постепенно поднимает их эффективность, путем капитальных вложений в транспортную инфраструктуру, также малый показатель эффективности отмеченной сети обусловлен низким показателем протяженности лесных дорог на довольно немалой площади лесничества. Касательно эффективности лесотранспортной сети Манского лесничества, можно отметить следующее: достаточно высокий показатель плотности лесных дорог, связан с довольно эффективным освоением северной части лесничества, как с экологической, так и с социальной точек оценки развития лесных дорог, чего нельзя сказать о южной части данного лесничества. Достижение максимума продуктивности данных лесных территорий возможно при дальнейшем развитии сети лесных дорог, включая и дороги противопожарного назначения. Также в контексте данного параграфа следует обозначить, что расчет комплексной эффективности действующих транспортных сетей рассматриваемых субъектов лесного хозяйства необходим не только в целях расчета возможности достижения максимума продуктивности данных лесных земель посредством существующей ТСЛФ, но и в качестве обоснования адекватности разработанного в пятом разделе настоящего исследования методологического аппарата к реальным производственным условиям. Поскольку без проверки математической модели на адекватность к практическим условиям, ее внедрение в производственные процессы является невозможным во избежание катастрофических последствий. При подведении итогов данного параграфа, можно заключить, что посредством, представленного в отмеченном параграфе расчетно-вычислительного эксперимента, доказана непротиворечивость, гибкость, возможность получения результативных данных с малой погрешностью (менее 7%) и универсальность разработанного методологического аппарата. Таким образом, исходя из выше обозначенного, можно приступить к экспериментальному расчету оценки эффективности планирования лесотранспортных сетей на территориях лесного фонда субъектов лесного хозяйства.

### 6.3 Определение эффективности планирования транспортных сетей на территориях лесного фонда субъектов лесного хозяйства

В целях эффективного планирования транспортных сетей на территориях лесного фонда по субъектам лесного хозяйства составлены разработческие карты - схемы (рисунки 6.10-6.12), на которых отмечены прогнозируемые очаги возгораний на территориях лесных земель, а также участки лесного фонда по таксационным данным, занятые ценными породами [86, 125, 135, 160-162, 170-175, 217, 239, 242]. Прогнозирование возможных очагов возгораний осуществлялось согласно выражению (4.28) п. 4.4 настоящего исследования.

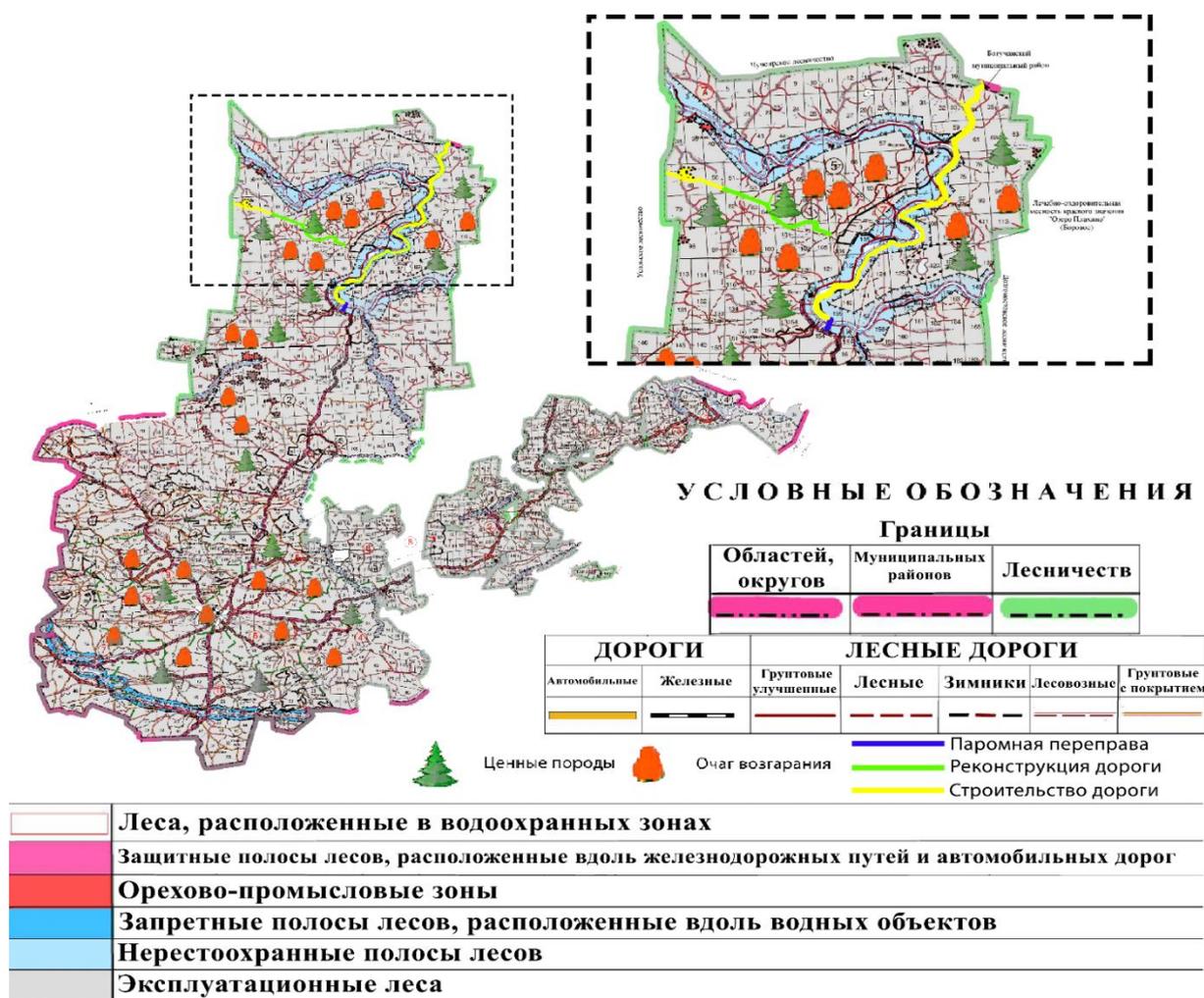


Рисунок 6.10 - Разработческая карта – схема планирования ТСЛФ в Абанском лесничестве

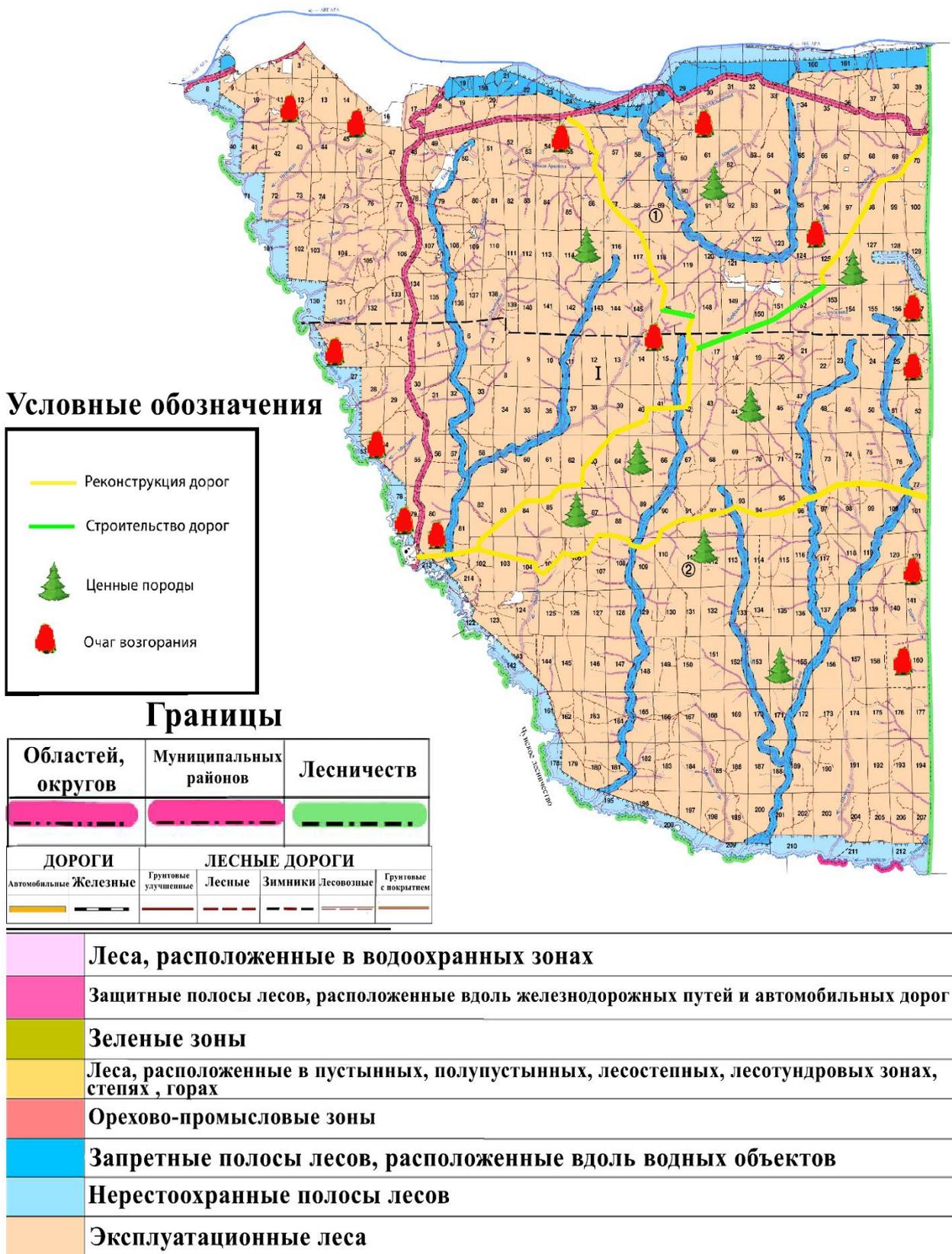


Рисунок 6.11 - Разработоческая карта – схема планирования ТСЛФ в Богучанском лесничестве

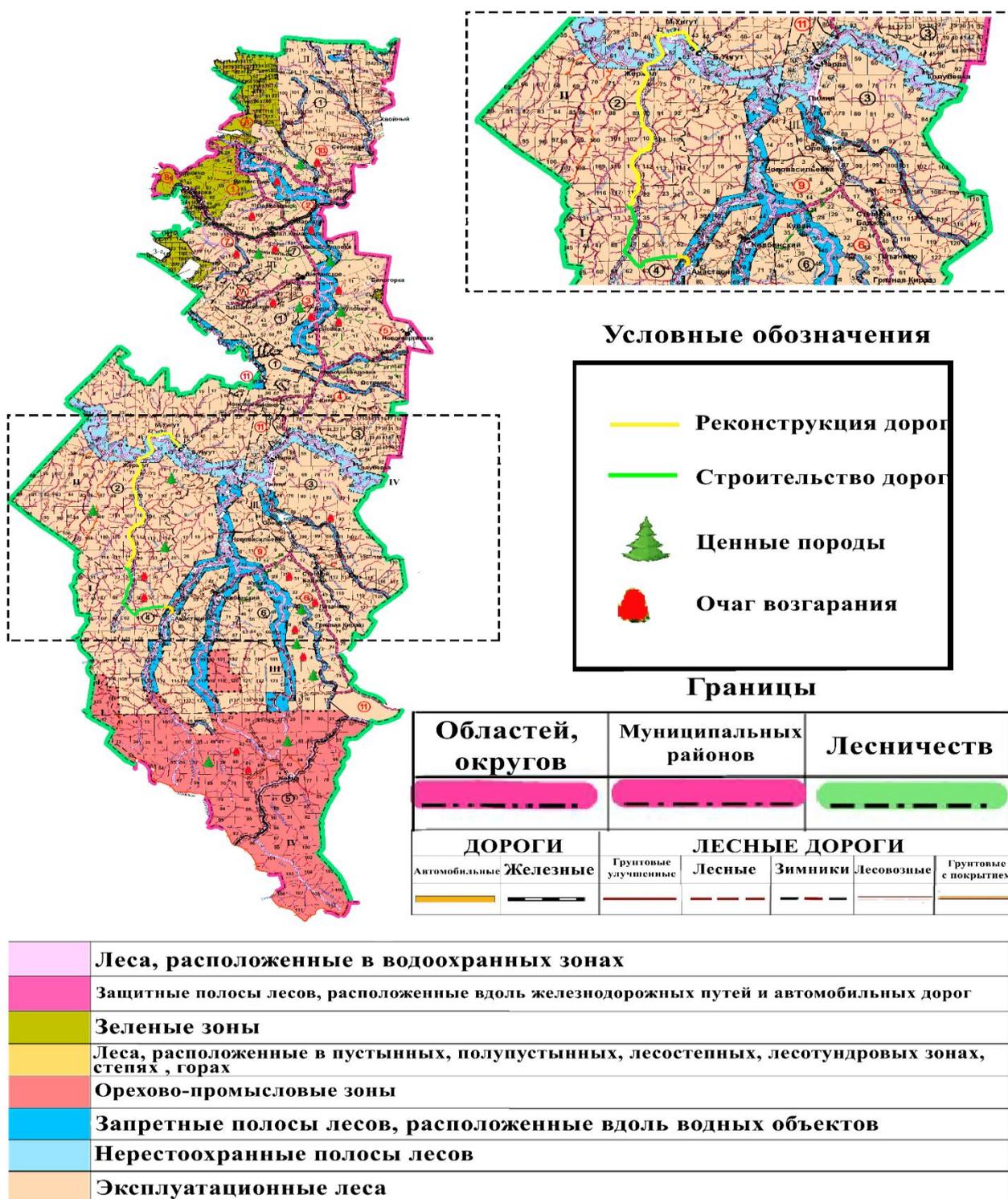


Рисунок 6.12 - Разработочная карта – схема планирования ТСЛФ в Манском лесничестве

Далее экспертным и расчетным путем осуществлен перебор различных вариантов развития ТСЛФ на территориях лесного фонда, в целях выбора наиболее оптимального, с точки зрения рациональности эксплуатации

планируемой лесной дороги в аспекте многоцелевого лесопользования (наличие ценных древесных пород, возможность развития побочного лесопользования, возможность эффективного пожаротушения и производства лесовосстановительных мероприятий в отдаленных местах лесничества, а также с учетом финансовых возможностей субъектов лесного хозяйства). Оптимальные варианты планирования лесных дорог по субъектам лесного хозяйства также обозначены на указанных картах-схемах [См. рисунки 6.10-6.12].

Следующим этапом планирования ТСЛФ является расчет затрат на строительство и реконструкцию отмеченных лесных дорог, в зависимости от почвенно-грунтовых и гидрологических условий региона, которые представлены в таблицах 6.5, 6.26, согласно данным источников [38, 86, 125, 135, 140, 217, 239, 242, 220-221].

Таблица 6.26 – Планируемые затраты на строительство лесных дорог с учетом почвенно-грунтовых и гидрологических условий

Рельеф местности	Тип местности	Группа грунтов	Стоимость строительства 1 км по типу местности и группе грунтов, руб.	Коэффициент повышения стоимости с учетом рельефа местности
Равнинная	I – сухие места без избыточного увлажнения	A	835650*	1
		B	856678	
		B	879989	
		Г	892555	
Всхолмленная	II – сырые места с избыточным увлажнением	A	1107699	1,1
		B	1109565	
		B	1110222	
		Г	1118898	
Горная	III – мокрые места с постоянным избыточным увлажнением	A	1299887	1,2
		B	1398747	
		B	1415666	
		Г	1489565	

*Примечания: Грунты: группа А – пылеватые пески, Б- супеси пылеватые, легкие и тяжелые; группа В – легкие и тяжелые суглинки и глины; группа Г – пылеватые грунты, пылеватые суглинки и супеси. Тип местности: II – сырые места с избыточным увлажнением; III – мокрые места с постоянным избыточным увлажнением.*

\* Стоимость строительства 1 км рассчитана для двухполосной дороги II категории, шириной 5,5 м, с гравийным покрытием [38, 220-221].

В целях наибольшей наглядности экспериментальных расчетов почвенно-грунтовые и гидрологические условия субъектов лесного хозяйства представлены на рисунках 6.13-6.15.

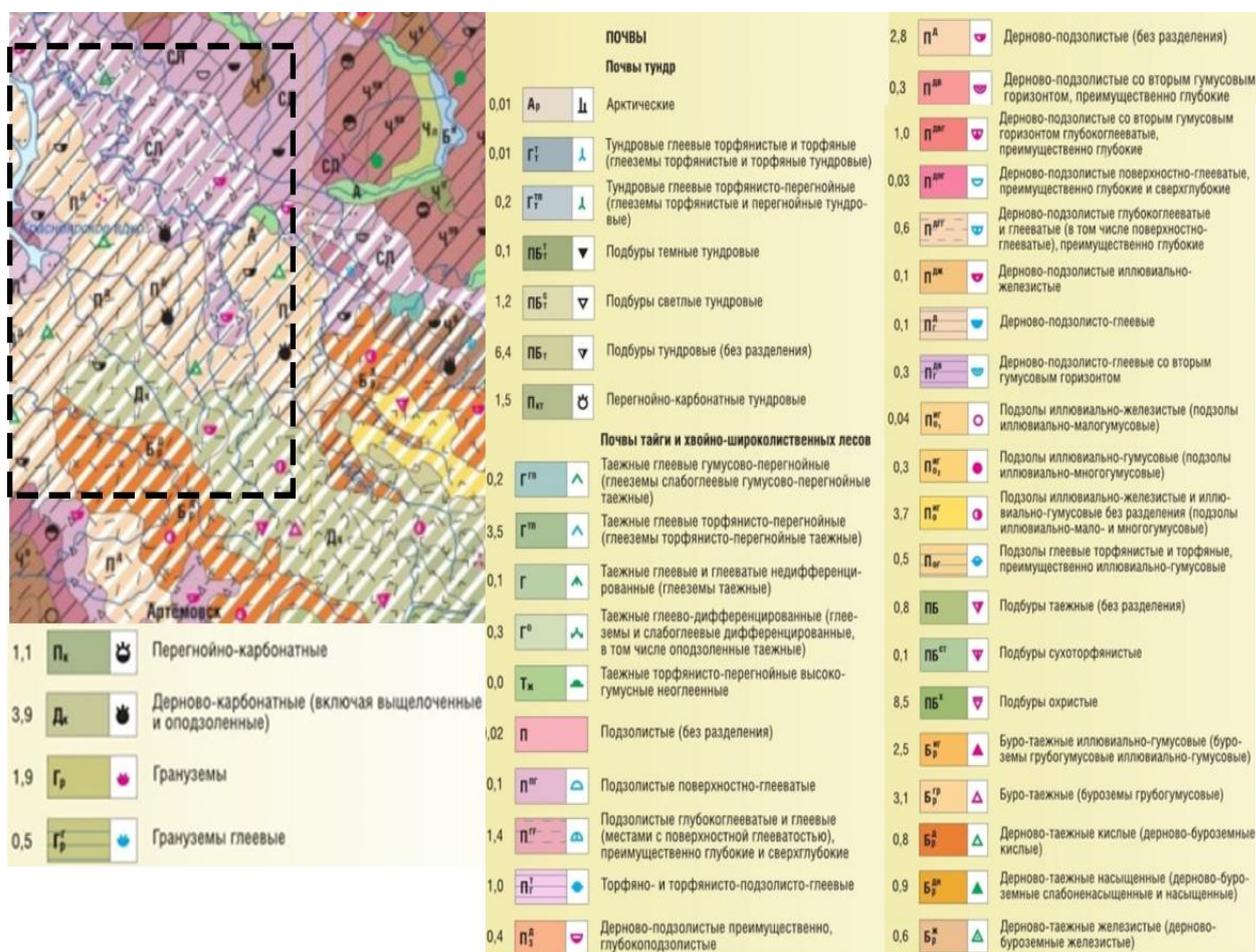


Рисунок 6.13 – Почвенно-грунтовые и гидрологические условия Манского лесничества

Согласно, анализу почвенно-грунтовых условий Манского лесничества, можно сделать вывод, что основную долю в составе данных лесных почв занимают глеевые и дерново-карбонатные почвы, характеризующиеся обогащенными включениями каменистого материала плотных карбонатных пород. Гидрологические условия в обозначенном лесничестве, как отмечалось ранее, характеризуется избыточным увлажнением в связи с наличием множества водных проток, исходя из отмеченного обстоятельства, 49334 га лесных земель принадлежит

водоохраннм зонам. Таким образом, с учетом вышеуказанного, гидрологические условия Манского лесничества определяют принадлежность его земель по типу местности к II группе, почвенно-грунтовые условия данного лесничества характеризуются наличием грунтов групп Б, В и Г.

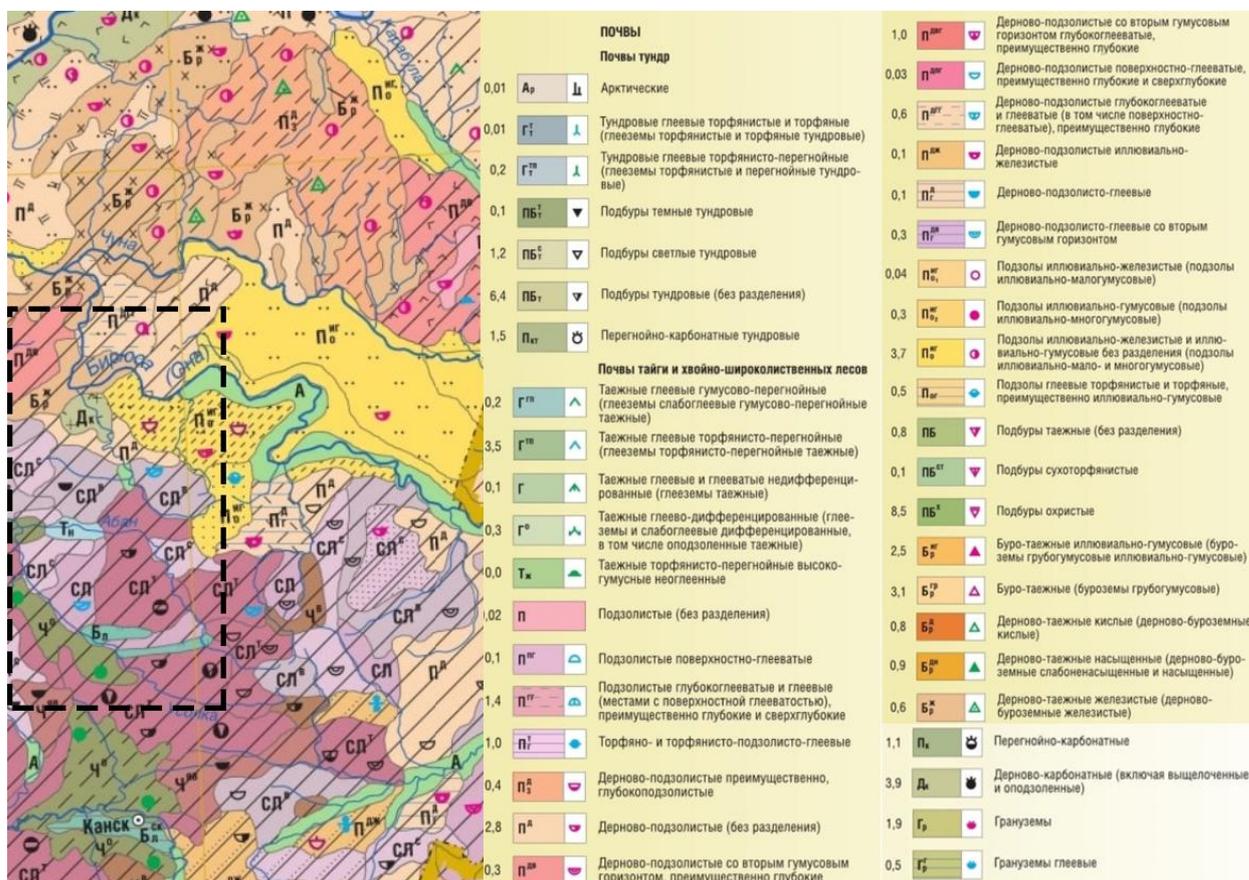


Рисунок 6.14 - Почвенно-грунтовые и гидрологические условия Абанского лесничества

Согласно, анализу почвенно-грунтовых условий Абанского лесничества, можно сделать вывод, что значительную часть в составе данных лесных почв занимают подзолистые почвы, типичные для хвойных или северных лесов, а также серые лесные глеевые почвы, которые формируются в холодных местностях с хорошим промывным режимом. Гидрологические условия в обозначенном лесничестве, как отмечалось ранее, характеризуется избыточным увлажнением и определяют принадлежность его земель по типу местности в основном к II группе, и частично к III группе, почвенно-

грунтовые условия данного лесничества характеризуются наличием грунтов групп Б, В и Г.

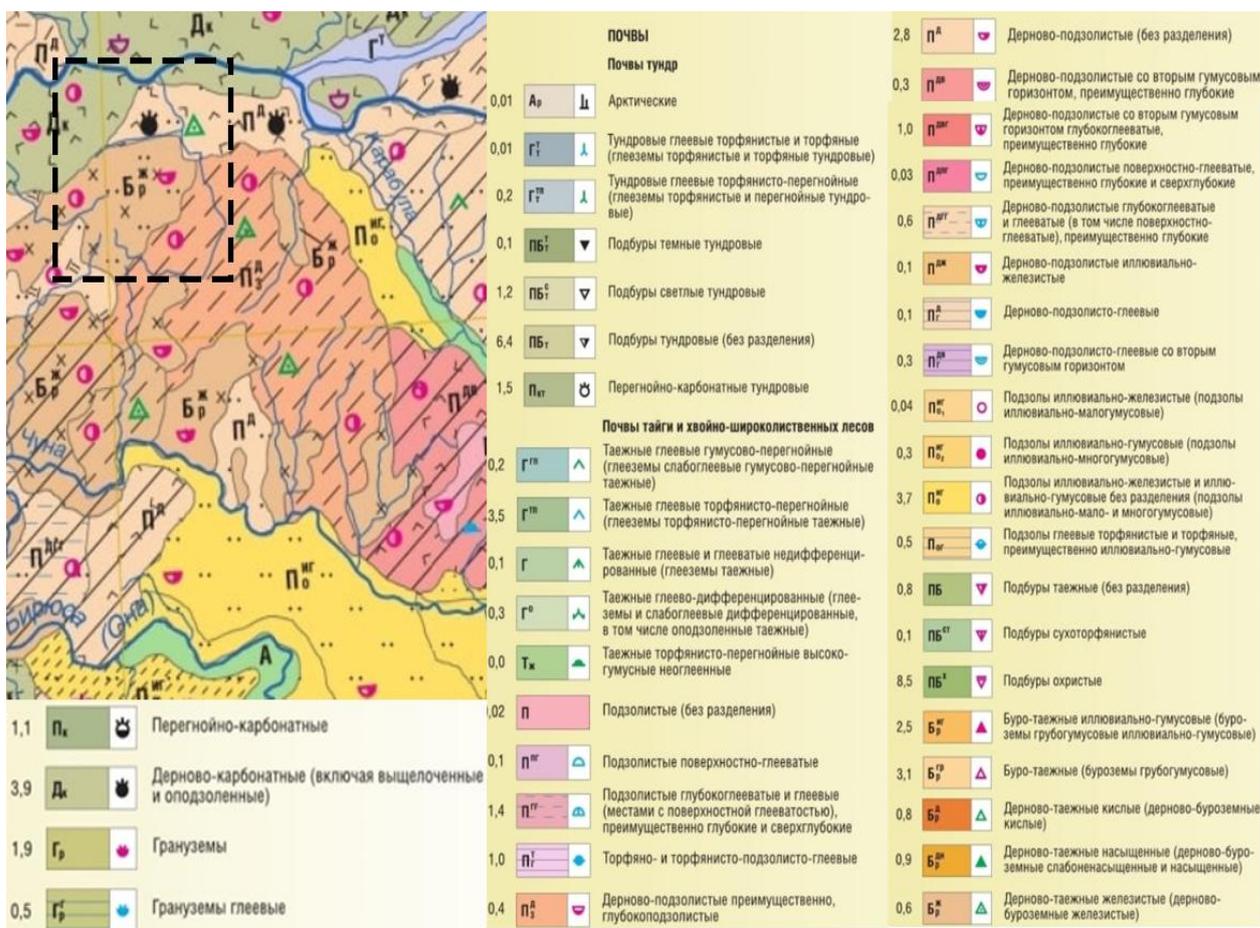


Рисунок 6.15 – Почвенно-грунтовые и гидрологические условия Богучанского лесничества

Согласно, анализу почвенно-грунтовых условий Богучанского лесничества, можно сделать вывод, что значительную часть в составе данных лесных почв занимают болотистые, подзолистые и дерново-карбонатные почвы. Гидрологические условия в обозначенном лесничестве, как отмечалось ранее, характеризуется избыточным увлажнением и определяют принадлежность его земель по типу местности в основном ко II группе, а также частично к I и III группам, почвенно-грунтовые условия данного лесничества характеризуются наличием грунтов групп Б, В и Г.

Расчет капитальных вложений в развитие ТСЛФ по субъектам лесного хозяйства представлен в таблицах 6.27-6.29.

Таблица 6.27 – Расчет капитальных вложений в развитие ТСЛФ по Манскому лесничеству

Год	Почвенно-грунтовые условия	Затраты на реконструкцию лесных дорог, руб.	Протяженность лесной дороги, подлежащей реконструкции, км	Затраты на строительство лесных дорог, руб.	Протяженность лесной дороги, подлежащей строительству, км
2022	II(B)	1703847,6	2,6	2198239,56	1,8
2023	-	2424706,2	3,7	-	-
2024	II(B)	2948967	4,5	3295408,05	2,7
2025	-	3538760,4	5,4	-	-
2026	II(B)	-	-	3661564,5	3
2027	-	3997488,6	6,1	-	-
2028	II(Г)	655326	1	5415466,32	4,4
2029	III(B)	-	-	7474716,48	4,8
2030	-	3735358,2	5,7	-	-
2031	-	2883434,4	4,4	-	-
2032	-	4390684,2	6,7	-	-
2033	III(B)	2948967	4,5	5077451,61	3,3
2034	-	2359173,6	3,6	-	-
2035	-	1900445,4	2,9	-	-
2036	II(Г)	1572782,4	2,4	1969260,48	1,6
2037	II(B)	-	-	2685147,3	2,2
2038	II(B)	1376184,6	2,1	2442488,4	2
Итого		36436125,6	55,6	34219742,7	25,8

Таблица 6.28 – Расчет капитальных вложений в развитие ТСЛФ по Абанскому лесничеству

Год	Почвенно-грунтовые условия	Затраты на реконструкцию лесных дорог, руб.	Протяженность лесной дороги, подлежащей реконструкции, км	Затраты на строительство лесных дорог, руб.	Протяженность лесной дороги, подлежащей строительству, км
2022	II(B)	1638315	2,5	1831866,3	1,5
2023	II(B)	1965978	3	2441043	2
2024	II(B)	1310652	2	1464625,8	1,2
2025	II(B)	-	-	2930986,08	2,4
2026	-	2883434,4	4,4	-	-
2027	-	1965978	3	-	-
2028	-	3276630	5	-	-
2029	-	4194086,4	6,4	-	-
2030	II(Г)	3145564,8	4,8	1723102,92	1,4
2031	III(B)	2228108,4	3,4	2937368,7	2,1
2032	III(B)	1965978	3	1868679,12	1,2
2033	III(Г)	1507249,8	2,3	1638521,5	1
2034	III(B)	-	-	2000208,21	1,3
2035	-	4390684,2	6,7	-	-
2036	III(Г)	4194086,4	6,4	-	-
Итого		34666745,4	52,9	18836401,63	14,1

Таблица 6.29 – Расчет капитальных вложений в развитие ТСЛФ по Богучанскому лесничеству

Год	Почвенно-грунтовые условия	Затраты на реконструкцию лесных дорог, руб.	Протяженность лесной дороги, подлежащей реконструкции, км	Затраты на строительство лесных дорог, руб.	Протяженность лесной дороги, подлежащей строительству, км
2022	I(В)	2359173,6	3,6	1554310,8	1,4
2023	II(Б)	3735358,2	5,7	1886260,5	1,7
2024	-	4914945	7,5	-	-
2025	-	4128553,8	6,3	-	-
2026	II(В)	5046010,2	7,7	1415666	1
2027	II(Г)	-	-	1118898	1
2028	II(В)	3604293	5,5	1776355,2	1,6
2029	-	3931956	6	-	-
2030	III(Б)	3538760,4	5,4	1398747	1
2031	-	3473227,8	5,3	-	-
2032	II(В)	4390684,2	6,7	1110222	1
2033	II(Б)	4063021,2	6,2	1442434,5	1,3
2034	II(Б)	3800890,8	5,8	-	-
2035	-	3145564,8	4,8	-	-
2036	I(Б)	1965978	3	2219130	2
2037	-	982989	1,5	-	-
2038	III(Б)	4521749,4	6,9	2517744,6	1,8
2039	-	4914945	7,5	-	-
2040	II(Б)	5242608	8	1664347,5	1,5
2041	-	4259619	6,5	-	-
2042	-	2686836,6	4,1	-	-
Итого	-	74707164	114	18104116,1	15,3

Посредством анализа расчетных данных представленных в таблицах 6.27-6.29, определено, что в рассматриваемых лесничествах затраты на планируемую реконструкцию лесных дорог превышают капитальные вложения в планируемое строительство отмеченных дорог более чем в 2 раза. Данное обстоятельство обусловлено наличием в проекте планирования

ТСЛФ лесных дорог, построенных в середине прошлого века, для использования которых в данный временной интервал необходима значительная реконструкция, составляющая по протяженности:

- в Абанском лесничестве- 52,9 км;
- 114 км в Богучанском;
- 55,6 км в Манском.

При этом местами лесные дороги необходимо не восстанавливать, а воссоздавать (очень плохое качество существующих участков транспортной развязки), с учетом отмеченного протяженность планируемых к строительству лесных дорог составила по субъектам лесного хозяйства:

- в Абанском 14,1км;
- 15,3 в Богучанском;
- 25,8 в Манском.

Самой слаборазвитой лесотранспортной сетью является ТСЛФ Богучанского лесничества, вследствие данного обстоятельства, а также с учетом сложных природно-производственных условий проект планирования развития ТСЛФ в данном лесничестве является наиболее длительным.

На следующем этапе планирования развития ТСЛФ субъектов лесного хозяйства необходимо рассчитать комплексную эффективность планируемых транспортных сетей.

Расчеты произведены посредством разработанного (и представленного в пятом разделе настоящего исследования) методологического аппарата аналогично п. 6.2 настоящего исследования. Обозначенные расчеты представлены в виде таблиц 6.30-6.32.

Отмеченные расчеты основаны на данных источников [48, 86, 91, 125, 135, 140, 160-162, 170-175, 217, 229-233, 238, 242] и таблиц 6.33-6.42.

Таблица 6.30 - Комплексная оценка эффективности планирования развития лесной транспортной сети на территории Абанского лесничества

Год планирования	Выручка от подсочки, руб.	Выручка от побочного лесопользования, руб.	Выручка от продуцирования углеродепонирующей функции лесов, руб.	Выручка от реализации деловой древесины, руб.	<i>Итого капитализованная валовая выручка, руб.</i>	Приведенные затраты на развитие ТСЛФ, руб.	Нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов, руб.	Транспортные расходы на вывозку при заготовке объема запаса <i>l</i> -той породы и <i>d</i> -тых лесных ресурсов, руб.	<i>Итого капитализованные затраты (с учетом прочих издержек), руб.</i>	Ресурсный потенциал земель лесного фонда, руб.	Эффективность планирования развития ТСЛФ, % (в зоне тяготения строительства и реконструкции)
2022	597506,00	384020,00	50960,00	26734500,00	27766986,00	3470181,30	11645729,80	2267386,67	17383297,77	10383688,24	59,73
2023	831480,00	534885,00	70980,00	33418125,00	34855470,00	4407021,00	13176022,30	2637456,50	20220499,80	14634970,21	72,38
2024	491212,80	315993,60	41932,80	21387600,00	22236739,20	2775277,80	11358794,80	2120110,89	16254183,49	5982555,71	36,81
2025	543404,16	349567,92	46388,16	23169900,00	24109260,24	2930986,08	11254679,80	2127849,88	16313515,76	7795744,48	47,79
2026	525324,80	337937,60	44844,80	22872850,00	23780957,20	2883434,40	11502812,30	2157937,01	16544183,71	7236773,50	43,74
2027	332592,00	213954,00	28392,00	15595125,00	16170063,00	1965978,00	10518202,30	1872627,05	14356807,35	1813255,66	12,63
2028	575640,00	370305,00	49140,00	25991875,00	26986960,00	3276630,00	11836717,30	2267002,10	17380349,40	9606610,61	55,27
2029	794127,36	510856,32	67791,36	33269600,00	34642375,04	4194086,40	12684789,80	2531831,43	19410707,63	15231667,41	78,47
2030	872414,40	561217,80	74474,40	35913345,00	37421451,60	4868667,72	13862312,30	2809647,00	21540627,02	15880824,58	73,72
2031	914628,00	588373,50	78078,00	36759937,50	38341017,00	5165477,10	13326089,80	2773735,04	21265301,94	17075715,07	80,30
2032	684116,16	440086,92	58400,16	28071225,00	29253828,24	3834657,12	12498367,30	2449953,66	18782978,08	10470850,16	55,75
2033	576919,2	371127,9	49249,2	24016492,5	25013788,8	3145771,3	12007822,3	2273039,04	17426632,64	7587156,16	43,54
2034	354764,8	228217,6	30284,8	15253517,5	15866784,7	2000208,21	10466062,3	1869940,577	14336211,09	1530573,614	10,68
2035	822781,44	529289,28	70237,44	34829112,5	36251420,66	4390684,2	13090854,8	2622230,85	20103769,85	16147650,81	80,32
2036	794127,36	510856,32	67791,36	33269600	34642375,04	4194086,4	13594627,3	2668307,055	20457020,76	14185354,29	69,34

Таблица 6.31 - Комплексная оценка эффективности планирования развития лесной транспортной сети на территории Богучанского лесничества

Год планирования	Выручка от подсоски, руб.	Выручка от побочного лесопользования, руб.	Выручка от продуцирования углеродепонирующей функции лесов, руб.	Выручка от реализации деловой древесины, руб.	<i>Итого капитализированная валовая выручка, руб.</i>	Приведенные затраты на развитие ТСЛФ, руб.	Нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов, руб.	Транспортные расходы на вывозку при заготовке объема запаса <i>l</i> -той породы и <i>d</i> -тых лесных ресурсов, руб.	<i>Итого капитализированные затраты (с учетом прочих издержек), руб.</i>	Ресурсный потенциал земель лесного фонда, руб.	Эффективность планирования развития ТСЛФ, % (в зоне тяготения строительства и реконструкции)
2022	285045,60	345693,60	42453,60	16033815,00	16707007,80	3913484,40	7493532,91	1711052,60	13118069,91	3588937,89	27,36
2023	421867,49	511626,53	62831,33	23938204,50	24934529,84	5621618,70	10323106,98	2391708,85	18336434,54	6598095,31	35,98
2024	356307,00	432117,00	53067,00	20042268,75	20883759,75	4914945,00	8331162,38	1986916,11	15233023,48	5650736,27	37,10
2025	316625,65	383992,81	47157,01	15949426,50	16697201,98	4128553,80	6998176,40	1669009,53	12795739,73	3901462,25	30,49
2026	500330,04	606783,24	74517,24	25696298,25	26877928,77	6461676,20	12372806,00	2825172,33	21659654,53	5218274,24	24,09
2027	82513,20	100069,20	12289,20	4500720,00	4695591,60	1118898,00	1958071,50	461545,43	3538514,93	1157076,68	32,70
2028	390562,48	473660,88	58168,88	21969139,50	22891531,74	5380648,20	10513979,61	2384194,17	18278821,98	4612709,76	25,24
2029	315050,40	382082,40	46922,40	16033815,00	16777870,20	3931956,00	7436333,83	1705243,47	13073533,30	3704336,90	28,33
2030	368058,88	446369,28	54817,28	19803168,00	20672413,44	4937507,40	8950615,99	2083218,51	15971341,90	4701071,54	29,43
2031	270343,25	327863,09	40263,89	14163203,25	14801673,47	3473227,80	6623274,09	1514475,28	11610977,17	3190696,30	27,48
2032	442820,84	537038,04	65952,04	23825686,50	24871497,42	5500906,20	9281237,48	2217321,55	16999465,23	7872032,19	46,31
2033	412566,00	500346,00	61446,00	22151981,25	23126339,25	5505455,70	9764160,22	2290442,39	17560058,31	5566280,94	31,70
2034	275544,08	334170,48	41038,48	15499354,50	16150107,54	3800890,80	6621731,28	1563393,31	11986015,39	4164092,15	34,74
2035	252040,32	305665,92	37537,92	12827052,00	13422296,16	3145564,80	5356628,85	1275329,05	9777522,69	3644773,47	37,28
2036	337554,00	409374,00	50274,00	15963491,25	16760693,25	4185108,00	7258253,45	1716504,22	13159865,67	3600827,58	27,36
2037	74636,94	90517,14	11116,14	4219425,00	4395695,22	982989,00	1697088,63	402011,64	3082089,28	1313605,94	42,62
2038	565590,48	685928,88	84236,88	29856651,30	31192407,54	7039494,00	12429599,83	2920364,07	22389457,91	8802949,63	39,32
2039	393813,00	477603,00	58653,00	18987412,50	19917481,50	4914945,00	8909715,32	2073699,05	15898359,37	4019122,13	25,28
2040	522583,60	633771,60	77831,60	26455794,75	27689981,55	6906955,50	11924564,43	2824727,99	21656247,92	6033733,63	27,86
2041	308799,40	374501,40	45991,40	17369966,25	18099258,45	4259619,00	7955745,80	1832304,72	14047669,52	4051588,93	28,84
2042	202982,47	246170,23	30231,43	10379785,50	10859169,64	2686836,60	4638708,93	1098831,83	8424377,36	2434792,28	28,90

Таблица 6.32 - Комплексная оценка эффективности планирования развития лесной транспортной сети на территории Манского лесничества

Год планирования	Выручка от подсосочки, руб.	Выручка от побочного лесопользования, руб.	Выручка от продуцирования углеродепонирующей функции лесов, руб.	Выручка от реализации деловой древесины, руб.	<i>Итого капитализированная валовая выручка, руб.</i>	Приведенные затраты на развитие ТСЛФ, руб.	Нормативные затраты на воспроизводство, охрану и защиту лесов, руб.	Транспортные расходы на вывозку при заготовке объема запаса <i>l</i> -той породы и <i>d</i> -тых лесных ресурсов, руб.	<i>Итого капитализированные затраты (с учетом прочих издержек), руб.</i>	Ресурсный потенциал земель лесного фонда, руб.	Эффективность планирования развития ТСЛФ, % (в зоне тяготения строительства и реконструкции)
2022	356226,22	313165,91	38754,28	15773835,26	16481981,67	3902087,16	5072713,308	2243700,12	11218500,59	5263481,09	46,92
2023	287874,70	120575,79	14921,25	9773740,03	10197111,77	2424706,2	3152118,06	1394206,07	6971030,33	3226081,45	46,28
2024	1309023,95	865470,38	107101,96	26151358,46	28432954,76	6244375,05	8117687,565	3590515,65	17952578,27	10480376,49	58,38
2025	313010,43	275174,01	34052,78	15283261,44	15905498,67	3538760,4	4600388,52	2034787,23	10173936,15	5731562,52	56,34
2026	340866,02	299662,44	37083,23	14622873,60	15300485,29	3661564,5	4760033,85	2105399,59	10526997,94	4773487,35	45,35
2027	379886,54	333966,19	41328,32	16976684,54	17731865,59	3997488,6	5196735,18	2298555,95	11492779,73	6239085,86	54,29
2028	599399,68	526944,77	65209,42	24214220,80	25405774,67	6070792,32	7892030,016	3490705,58	17453527,92	7952246,75	45,56
2029	730942,06	642586,43	79520,07	30038212,61	31491261,16	7474716,48	9717131,424	4297961,98	21489809,88	10001451,28	46,54
2030	348755,45	306598,20	37941,53	16132331,52	16825626,7	3735358,2	4855965,66	2147830,97	10739154,83	6086471,88	56,68
2031	249797,69	219602,36	27175,79	11761192,96	12257768,81	2883434,4	3748464,72	1657974,78	8289873,90	3967894,91	47,86
2032	398273,69	350130,72	43328,68	18751869,95	19543603,04	4390684,2	5707889,46	2524643,42	12623217,08	6920385,97	54,82
2033	749394,60	658808,44	81527,54	34953384,96	36443115,54	8026418,61	10434344,19	4615190,70	23075953,50	13367162,04	57,93
2034	222928,69	195981,27	24252,68	9962422,27	10405584,92	2359173,6	3066925,68	1356524,82	6782624,10	3622960,82	53,42
2035	171496,48	150766,13	18657,31	7523704,32	7864624,242	1900445,4	2470579,02	1092756,11	5463780,53	2400843,72	43,94
2036	308768,87	271445,16	33591,34	14276956,16	14890761,54	3542042,88	4604655,744	2036674,66	10183373,28	4707388,26	46,23
2037	233010,64	204844,52	25349,51	10308339,71	10771544,38	2685147,3	3490691,49	1543959,70	7719798,49	3051745,89	39,53
2038	355825,32	312813,47	38710,67	16100255,54	16807605	3818673	4964274,9	2195736,98	10978684,88	5828920,13	53,09

В выше представленных таблицах 6.30-6.32 расчетное значение ресурсного потенциала было скорректировано посредством учета коэффициента коррекции фактической прибыли от многоцелевого лесопользования на потери в статьях данной прибыли вследствие негативного воздействия лесных пожаров ( $K^{пр}(t)$ ), значение которого является прогнозируемым на 2022 год и представлено в таблице 6.33.

Таблица 6.33 – Прогнозное значение коэффициента коррекции фактической прибыли от многоцелевого лесопользования по субъектам лесного хозяйства

Субъект лесного хозяйства	$K^{пр}$ , %
	2022 г.
Абанское лесничество	95,61
Богучанское лесничество	89,70
Манское лесничество	99,16

Также следует отметить, что при составлении прогноза, как месторасположения очагов возгорания, так и площади распространения прогнозируемых пожаров на территории лесного фонда были использованы статистические данные о пожарах по субъектам лесного хозяйства за 60 лет [91].

Касательно определения данного коэффициента по годам планирования ТСЛФ, необходимо обозначить следующее, так как отмеченное прогнозирование является краткосрочным, то для более точных расчетов по реализации государственного проекта, следует ежегодно производить обновление прогностических расчетов.

Для большей наглядности эффекта от реализации проекта планирования ТСЛФ, произведены сравнительные расчеты определяющие эффективность пожаротушения в условиях существующих ТСЛФ по отношению к планируемым. А также в целях расчета окупаемости капитальных вложений в проект планирования ТСЛФ посредством снижения стоимости противопожарных мероприятий и утраченной стоимости

сохраненного ресурсного потенциала лесной территории. Данные расчеты приведены в таблицах 6.34-6.36

Таблица 6.34 – Сравнительная характеристика эффективности вариантов тушения лесных пожаров в Манском лесничестве

Варианты тушения лесных пожаров	Квартал возникновения прогнозируемого пожара	Прогнозируемая площадь распространения пожара, га	Затраты на строительство и реконструкцию ТСЛФ, руб.	Максимальные затраты на тушение лесных пожаров наземным способом, руб.	Суммарные затраты на планирование развития транспортной сети и тушения лесных пожаров наземным способом, руб.	Затраты на тушение лесных пожаров с помощью авиации, руб.	Дополнительные затраты на тушение с привлечением воздушных сил в период распутицы
1. Тушение производится посредством существующих транспортных сетей	4	5,16	-	23220	23220	-	1032588
	6	14	-	33600	33600	-	-
	23	70	-	168557	168557	-	-
	28	40	-	92479	92479	-	-
	31	2,5	-	5750	5750	-	-
	36	3	-	15878	15878	-	799855
	43	172	-	421456	421456	-	-
	50	43	-	-	-	8655478	-
	52	3	-	7350	7350	-	-
	54	2,65	-	6492,5	6492,5	-	-
	59	12	-	28200	28200	-	-
	60	12	-	41566	41566	-	-
	61	4	-	12121	12121	-	-
	68	8	-	24212	24212	-	-
	70	1,25	-	3321	3321	-	-
92	7,5	-	22500	22500	-	1125388	
104	10	-	23500	23500	-	-	
122	5	-	15477	15477	-	-	
128	6	-	18932	18932	-	-	
Итого	12577920,5						
2. Тушение производится посредством планируемых транспортных сетей	4	5,16	-	23220	23220	-	1032588
	6	14	-	33600	33600	-	-
	23	70	-	168557	168557	-	-
	28	40	-	92479	92479	-	-
	31	2,5	-	5750	5750	-	-
	36	3	1703847,	7102	1710949,6	-	-
	43	172	6	421456	421456	-	-
	50	43	-	103141	2301380,56	-	-
	52	3	2198239,	7350	7350	-	-
	54	2,65	56-	6492,5	6492,5	-	-
	59	12	-	28200	28200	-	-
	60	12	-	41566	41566	-	-
	61	4	-	12121	12121	-	-
	68	8	-	24212	24212	-	-
	70	1,25	-	3321	3321	-	-
92	7,5	-	22500	22500	-	1125388	
104	10	-	23500	23500	-	-	
122	5	-	15477	15477	-	-	
128	6	-	18932	18932	-	-	
Итого	7119039,66						

Таблица 6.35 – Сравнительная характеристика эффективности вариантов тушения лесных пожаров в Абанском лесничестве

Варианты тушения лесных пожаров	Квартал возникновения прогнозируемого пожара	Прогнозируемая площадь распространения пожара, га	Затраты на строительство и реконструкцию ТСЛФ, руб.	Максимальные затраты на тушение лесных пожаров наземным способом, руб.	Суммарные затраты на планирование развития транспортной сети и тушения лесных пожаров наземным способом, руб.	Затраты на тушение лесных пожаров с помощью авиации, руб.	Дополнительные затраты на тушение с привлечением воздушных сил в период распутицы
1. Тушение производится посредством существующих транспортных сетей	1	30,9	-	71070	71070	-	-
	6	5,75	-	13225	13225	-	-
	7	4	-	12567	12567	-	-
	15	27,02	-	67550	67550	-	-
	16	65,7	-	164250	164250	-	-
	17	27,4	-	63020	63020	-	-
	24	4	-	9567	9567	-	-
	25	40,55	-	97320	97320	-	-
	36	13,4	-	33500	33500	-	-
	40	44,5	-	111250	111250	-	-
	48	158,3	-	364090	364090	-	-
	69	1,5	-	3750	3750	-	-
	76	55	-	137432	137432	-	-
	87	24,1	-	55430	55430	-	-
	89	35	-	105233	105233	-	-
	95	24	-	-	-	5533320	-
	99	229,3	-	527390	527390	-	-
109	17,9	-	52898	52898	-	3341321,4	
120	125	-	287500	287500	-	-	
168	33	-	132225	132225	-	-	
170	14	-	47877	47877	-	2377899	
Итого	13609684,4						
2. Тушение производится посредством планируемых транспортных сетей	1	30,9	-	71070	71070	-	-
	6	5,75	-	13225	13225	-	-
	7	4	-	12567	12567	-	-
	15	27,02	-	67550	67550	-	-
	16	65,7	-	164250	164250	-	-
	17	27,4	-	63020	63020	-	-
	24	4	-	9567	9567	-	-
	25	40,55	-	97320	97320	-	-
	36	13,4	-	33500	33500	-	-
	40	44,5	-	111250	111250	-	-
	48	158,3	-	364090	364090	-	-
	69	1,5	-	3750	3750	-	-
	76	55	-	137432	137432	-	-
	87	24,1	-	55430	55430	-	-
	89	35	-	105233	105233	-	-
	95	24	1638315	61255	1699570	-	-
	99	229,3	-	527390	527390	-	-
109	17,9	1831866,	49566	1881432,3	-	-	
120	125	3	287500	287500	-	-	
168	33	-	132225	132225	-	-	
170	14	-	47877	47877	-	2377899	
Итого	8263147,3						

Таблица 6.36 – Сравнительная характеристика эффективности вариантов тушения лесных пожаров в Богучанском лесничестве

Варианты тушения лесных пожаров	Квартал возникновения прогнозируемого пожара	Прогнозируемая площадь распространения пожара, га	Затраты на строительство и реконструкцию ТСЛФ, руб.	Максимальные затраты на тушение лесных пожаров наземным способом, руб.	Суммарные затраты на планирование развития транспортной сети и тушения лесных пожаров наземным способом, руб.	Затраты на тушение лесных пожаров с помощью авиации, руб.	Дополнительные затраты на тушение с привлечением воздушных сил в период распутицы
1.	2	5	-	12565	12565	-	-
Тушение производятся посредством существующих транспортных сетей	11	3,1	-	8060	8060	-	-
	15	21	-	93877	93877	-	4199577
	26	16	-	48144	48144	-	-
	30	7,1	-	22010	22010	-	-
	45	20	-	61998	61998	-	-
	54	7,2	-	28810	28810	-	1445222
	55	9	-	28977	28977	-	-
	79	23	-	94530	94530	-	-
	80	4,6	-	18906	18906	-	-
	121	14	-	57540	57540	-	-
	125	18	-	-	-	3799455	-
	157	9,2	-	38640	38640	-	-
	159	11	-	55678	55678	-	2201322
Итого				12215311			
2.	2	5	-	12565	12565	-	-
Тушение производятся посредством планируемых транспортных сетей	11	3,1	-	8060	8060	-	-
	15	21	1554310,8	63121	1617431,8	-	-
	26	16	-	48144	48144	-	-
	30	7,1	-	22010	22010	-	-
	45	20	-	61998	61998	-	-
	54	7,2	-	28810	28810	-	1445222
	55	9	-	28977	28977	-	-
	79	23	-	94530	94530	-	-
	80	4,6	-	18906	18906	-	-
	121	14	-	57540	57540	-	-
	125	18	2359173,6	55800	2414973,6	-	-
	157	9,2	-	38640	38640	-	-
	159	11	-	55678	55678	-	2201322
Итого				8154807,4			

Посредством экспериментальных расчетов, представленных в таблицах 6.34-6.36 определено, что повышение эффективности существующих лесотранспортных сетей в аспекте пожаротушения посредством планирования ТСЛФ составляет: в Манском лесничестве - 43,4 %; в Абанском лесничестве - 39,3 %; в Богучанском лесничестве -33,2 %.

Определение эффективности ТСЛФ в аспекте главного лесопользования основано на расчете объемов выхода деловой древесины по субъектам лесного хозяйства по этапам развития планируемых ТСЛФ. Расчеты осуществлялись на основе таксационных данных в зоне тяготения

планируемого развития существующих ТСЛФ по субъектам лесного хозяйства [160-162, 170-175] (таблица 6.37).

Таблица 6.37 – Расчет объемов выхода деловой древесины по субъектам лесного хозяйства посредством планирования ТСЛФ

Этапы планирования ТСЛФ / год	Объем выхода деловой древесины по субъектам лесного хозяйства, м <sup>3</sup>		
	Богучанское лесничество	Манское лесничество	Абанское лесничество
2022	1516,2	1484,7	2340
2023	2263,7	920,0	2925
2024	1895,3	2461,5	1872
2025	1508,2	1438,6	2028
2026	2429,9	1376,4	2002
2027	425,6	1598,0	1365
2028	2077,5	2279,2	2275
2029	1516,2	2827,4	2912
2030	1872,6	1518,5	3143,4
2031	1339,3	1107,0	3217,5
2032	2253,0	1765,0	2457
2033	2094,8	3290,0	2102,1
2034	1465,7	937,7	1335,1
2035	1213,0	708,2	3048,5
2036	1509,6	1343,8	2912
2037	399,0	970,3	-
2038	2823,3	1515,5	-
2039	1795,5	-	-
2040	2501,7	-	-
2041	1642,6	-	-
2042	981,5	-	-
Итого	35524,03	27541,9	35934,6
Цена реализации обезличенного м <sup>3</sup> , руб.	10575	10624	11425

Следует отметить, что в Абанском лесничестве ограничивающим фактором главного лесопользования являются защитные леса, находящиеся по крайней правой стороне от реконструируемой лесной дороги [См. рисунок 6.10]. Данное обстоятельство объясняет снижение эффективности ТСЛФ в 2027 и 2034 годах. Ограничениями главного лесопользования в Богучанском лесничестве является существенная заболоченность почв [См. рисунок 6.15]. Расчет размеров разрешенного (побочного) лесопользования основан на данных таблиц 6.6 – 6.14 и источников [160-162, 170-175]. При расчете транспортных расходов [см. графа 9 таблиц 6.30-6.32] использовались данные: таблицы 6.20 (расчет произведен на существующий подвижной состав); таблицы 6.37 (расчет объемов выхода деловой древесины по

субъектам лесного хозяйства посредством планирования ТСЛФ); а также методологического аппарата (выражения (5.19) – (5.25)), представленного в п. 5.5 настоящего исследования. Согласно экспериментальным расчетам, произведенным посредством отмеченного методологического аппарата, учитывая природно-производственные условия региона, в аспекте главного лесопользования предлагается двухступенчатая технологическая схема вывозки древесного сырья, в аспекте разрешенного (побочного) лесопользования - одноступенчатая. Касательно схем функционирования транспортно-технологического процесса, опираясь на исследования [48, 86, 125, 129, 135, 140, 162, 174-175, 217, 229-233, 238, 242], нами предлагается введение в транспортно-технологическую цепь поставок древесины от производителей до потребителей промежуточного склада. Положительный эффект достигается путем снижения транспортной составляющей в статьях издержек на вывозку лесных ресурсов. Месторасположение промежуточного склада также определяется посредством указанного методологического аппарата, согласно таблице 6.38, в которой представлена зависимость технологических схем вывозки лесных ресурсов от природно-производственных условий региона.

Таблица 6.38 – Зависимость технологических схем вывозки лесных ресурсов от природно-производственных условий региона

Технологические схемы вывозки	Расстояние вывозки					
	$L \leq 30$		$30 < L < 90$		$L > 90$	
Одноступенчатая технология вывозки, $K_{эф} = 0$ ; Транспортировка древесины осуществляется транспортом тяжелого типа	+	-	+	-	-	-
Одноступенчатая технология вывозки $K_{эф} = 1$ ; Транспортировка древесины осуществляется транспортом легкого типа	Использование возможно, но снижается производительность подвижного состава на вывозке		-	-	-	-
Двухступенчатая технология вывозки $0 < K_{эф} < 1$ Транспортировка древесины осуществляется в два этапа: на первом этапе используется транспорт легкого типа, на втором – тяжелого.	-	+	-	+	+	+
Почвенно-грунтовые и гидрологические условия	Легкие	Сложные	Легкие	Сложные	Легкие	Сложные

Относительно транспортной составляющей в аспекте повышения эффективности доставки сил и средств реализации лесохозяйственных мероприятий, положительный эффект достигается, как отмечалось ранее, посредством сокращения времени прибытия пожарных бригад и спецтехники к очагу горения, что обеспечивает снижение площади распространения лесных пожаров. Результативные значения показателей, определяющих эффективность планирования развития ТСЛФ в аспекте транспортной составляющей по отношению к существующим транспортным сетям, приведены в таблице 6.39.

Таблица 6.39 – Результативные значения показателей, определяющих эффективность планирования ТСЛФ в аспекте транспортной составляющей

Показатель	$\Delta \text{ЭФ}^{\text{ПТ}}$ , % (по отношению к существующей ТСЛФ)	$\Delta \text{ЭФ}^{\text{ТР}}$ (по отношению к существующей ТСЛФ)		
		Рекомендуемая технологическая схема вывозки	Рекомендуемая схема функционирования транспортно-технологического процесса	Значение показателя, %
Субъект лесного хозяйства				
Абанское лесничество	+ 33,21	Главное лесопользование- двухступенчатая Побочное лесопользование- одноступенчатая	$\begin{cases} \text{Л} \rightarrow \text{П} \\ \text{Л} \rightarrow \text{Н/С} \rightarrow \text{П} \\ \text{Л} \rightarrow \text{П/С} \rightarrow \text{П} \end{cases}$	+ 24,49
Богучанское лесничество	+ 30,15		$\begin{cases} \text{Л} \rightarrow \text{Н/С} \rightarrow \text{П} \\ \text{Л} \rightarrow \text{П/С} \rightarrow \text{П} \end{cases}$	+ 28,71
Манское лесничество	+ 37,4		$\begin{cases} \text{Л} \rightarrow \text{П} \\ \text{Л} \rightarrow \text{П/С} \rightarrow \text{П} \end{cases}$	+ 32,60

*Примечание:* Рекомендуемые схемы функционирования транспортно-технологического процесса приняты, согласно источникам [46-48, 51-52, 56, 65, 205].

Как отмечалось ранее, капитальные вложения в проект создания и развития ТСЛФ в комплексе окупаются: посредством повышения объемов выхода лесных ресурсов, как с количественной, так и с качественной позиции оценивания; в результате снижения негативного влияния лесных пожаров на лесные экосистемы и стоимости их тушения; а также количеством и качеством проведения лесохозяйственных мероприятий. Среди данных лесохозяйственных мероприятий одним из основным является возобновление лесных территорий ценными хозяйственными секциями (породами). Подобный подход к лесовосстановлению предполагает вложение на перспективу, т.е. данные вложения можно рассматривать, как доходы будущих периодов. Также подобный подход обеспечивает неистощительное

и рациональное лесопользование, тем самым позволяя соблюсти принципы устойчивого развития территорий. С учетом вышеуказанного, в рамках производства вычислительного эксперимента, расчет доходов будущих периодов посредством качественного проведения лесовосстановительных мероприятий представлен в таблицах 6.40-6.42. При производстве отмеченных расчетов учитываются следующие показатели: прогнозная площадь выгорания территорий лесного фонда в результате воздействия пожаров; планируемые к восстановлению площади в целях главного лесопользования (с учетом производства сплошной или выборочной рубки, с исключением лесных площадей занятых водоохранными зонами, заповедниками и т.п.); стоимость саженцев наиболее климатически выносливых ценных пород составляет 2000-3000 руб. /саженец. Планируемый состав древостоя при искусственном лесовосстановлении территорий лесного фонда 4С4Л1П1Е. Коэффициент инфляции и коэффициент дисконтирования финансовых потоков принят, согласно источникам [159, 206].

Таблица 6.40 – Расчет доходов будущих периодов посредством качественного проведения лесовосстановительных мероприятий в Манском лесничестве

Год	Объемы лесовосстановления по вырубке, га		Объемы лесовосстановления в после пожарный период, га	Итого лесовосстановление, га	Затраты на лесовосстановление, руб.	Возможные доходы будущих периодов (полученные посредством лесовосстановления ценными породами), руб.
	сплошная	выборочная				
2022	22,1	14,9	12,2	49,2	2094350,1	43016984,84
2023	31,1	12,1	-	43,2	1196954,9	25000459,23
2024	32,3	10,3	18,3	60,9	3516251,4	71805952,66
2025	11,8	23	-	34,8	1816269,5	37760280,39
2026	29,6	18,9	18,5	67	1885535,0	37735932,96
2027	-	3,5	31,1	34,6	2127684,9	44234612,27
2028	16,9	-	18,8	35,7	3254694,3	67665163,1
2029	17,1	-	14,6	31,7	4019152,6	83558265,92
2030	15,4	-	22,8	38,2	1969487,9	40945694,15
2031	-	23,1	-	23,1	1508918,6	31370449,31
2032	-	-	18,4	18,4	2310127,3	48027594,32
2033	12,1	4,9	-	17	4425540,9	92007087,21
2034	-	7,9	25,9	33,8	1197775,7	24901782,64
2035	-	3,5	18,2	21,7	1004497,2	20883518,6
2036	18,8	3,5	11,3	33,6	1751179,8	36407063,86
2037	-	14,7	1,1	15,8	1372967,0	28544013,11
2038	12,2	-	2,5	14,7	1902250,2	39547821,13
Итого	219,4	140,3	213,7	573,4	37353637,4	773412675,7

Таблица 6.41 – Расчет доходов будущих периодов посредством качественного проведения лесовосстановительных мероприятий в Абанском лесничестве

Год	Объемы лесовосстановления по вырубке, га		Объемы лесовосстановления в послепожарный период, га	Итого лесовосстановление, га	Затраты на лесовосстановление, руб.	Возможные доходы будущих периодов (полученные посредством лесовосстановления ценными породами), руб.
	сплошная	выборочная				
2022	24,2	15,5	12,2	51,9	3075075	37290150
2023	33,1	11,9	-	45	4466250	49432500
2024	42	11,4	18,3	71,7	2814225	30723450
2025	22,9	23	-	45,9	2719575	30684150
2026	19,8	21,5	18,5	59,8	2945150	33398300
2027	-	3,5	31,1	34,6	2050050	22784100
2028	17,6	-	18,8	36,4	3248700	33797400
2029	16,5	-	14,6	31,1	4019675	46914350
2030	15,4	-	22,8	38,2	5090150	53804700
2031	-	23,1	-	23,1	4602675	53326350
2032	-	-	18,4	18,4	3850200	40636400
2033	12,1	4,9	-	17	3404250	35844500
2034	-	7,9	25,9	33,8	2002650	23947300
2035	-	3,5	18,2	21,7	4388825	47924450
2036	18,8	3,5	11,3	33,6	4846800	50013600
Итого	222,4	129,7	210,1	562,2	53524250	590521700

Таблица 6.42 – Расчет доходов будущих периодов посредством качественного проведения лесовосстановительных мероприятий в Богучанском лесничестве

Год	Объемы лесовосстановления по вырубке, га		Объемы лесовосстановления в послепожарный период, га	Итого лесовосстановление, га	Затраты на лесовосстановление, руб.	Доходы будущих периодов (полученные посредством лесовосстановления ценными породами), руб.
	сплошная	выборочная				
2022		9,2	15,2	24,4	4282018,81	45041990,26
2023		15,7	7,7	23,4	5898918,28	62049942,25
2024	12,5	3,6	5,5	21,6	4760664,22	50076798,11
2025	21,6			21,6	3998957,94	42064510,42
2026	21,4	3		24,4	7070174,86	74370235,51
2027	6,7	3,3	12,3	22,3	1118898	11769540,28
2028	20,3	2,4	2,2	24,9	6007988,35	63197235,93
2029	11,6	8,8	3,7	24,1	4249333,61	44698179,06
2030	11,7	9,5	1,9	23,1	5114637,71	53800198,56
2031	24,3			24,3	3784728,05	39811054,5
2032	13,2	6,2	2,1	21,5	5303564,27	55787492,12
2033	19,8		2,8	22,6	5579520,13	58690235,29
2034	17,5	1,8	2,9	22,2	3783846,45	39801781,02
2035	12,8	8,9		21,7	3060930,77	32197526,49
2036	13,6	5,7	2,8	22,1	4147573,4	43627776,79
2037		6,9	15,1	22	969764,933	10200829,25
2038	4,8	3,3	14,4	22,5	7102628,48	74711610,85
2039	18,9	1,6	2,6	23,1	5091265,9	53554353,54
2040	1,9	20,1		22	6814036,82	71675953,3
2041	21,6		2,2	23,8	4546140,46	47820251,04
2042	12,4	9,6		22	2650690,82	27882266,6
Итого	266,6	119,6	93,4	479,6	95336282,2	1002829761

Примечание: повышенные затраты на лесовосстановление по отношению к другим субъектам лесного хозяйства, связаны с большей площадью заболоченных территорий, на которых снижена приживаемость саженцев [76].

Согласно данным выше представленных расчетных таблиц, можно заключить, что посредством ввода в эксплуатацию планируемых ТСЛФ, прирост эффективности реализации искусственного лесовосстановления по субъектам лесного хозяйства (в аспекте увеличения восстановленных лесных площадей) за весь период освоения лесной территории в зоне тяготения ТСЛФ составил: в Абанском на 23,13%, в Богучанском лесничестве на 35,08%, в Манском на 33%. При этом эффект от восстановления лесных территорий ценными хозяйственными секциями (породами) позволит в следующем периоде рубки поднять валовую выручку от выхода деловой древесины в Богучанском лесничестве в 2 раза, в Абанском и Манском лесничествах в 3 раза. А также возможность посредством ТСЛФ качественно реализовывать лесохозяйственные мероприятия позволит сократить срок до следующего периода рубки до 30 лет [См. первый раздел настоящего исследования]. Согласно расчетным значениям выше приведенных таблиц 6.27-6.42 данного параграфа, для большей наглядности, количественная оценка комплексной эффективности планируемых лесных дорог по субъектам лесного хозяйства представлена на рисунках 6.16-6.18.

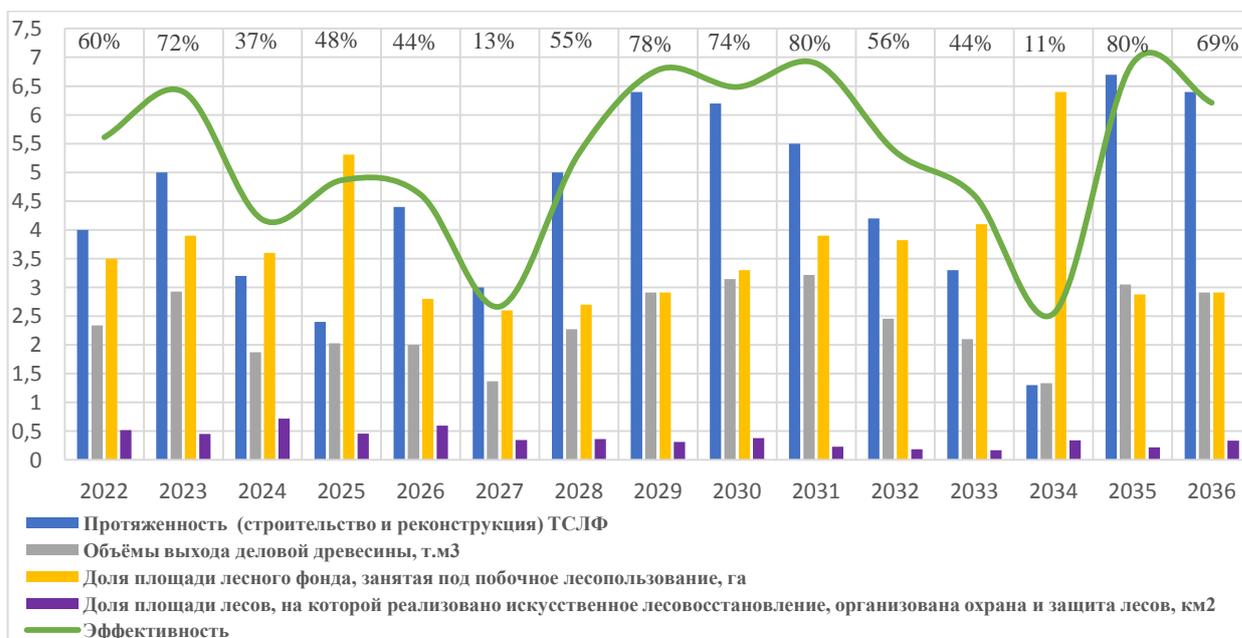


Рисунок 6.16 – Оценка комплексной эффективности планируемых лесных дорог в Абанском лесничестве

Примечание: при построении кривой эффективности данные таблиц 6.30-6.32 округлены.

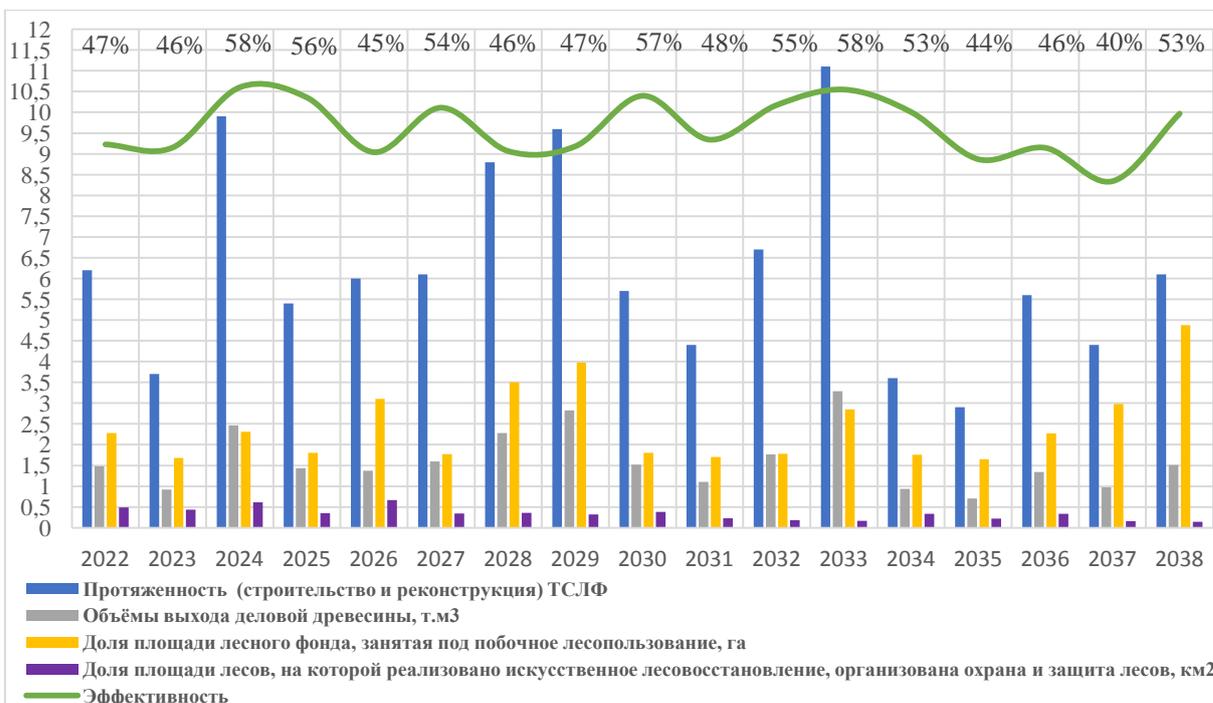


Рисунок 6.17 – Оценка комплексной эффективности планируемых лесных дорог в Богучанском лесничестве

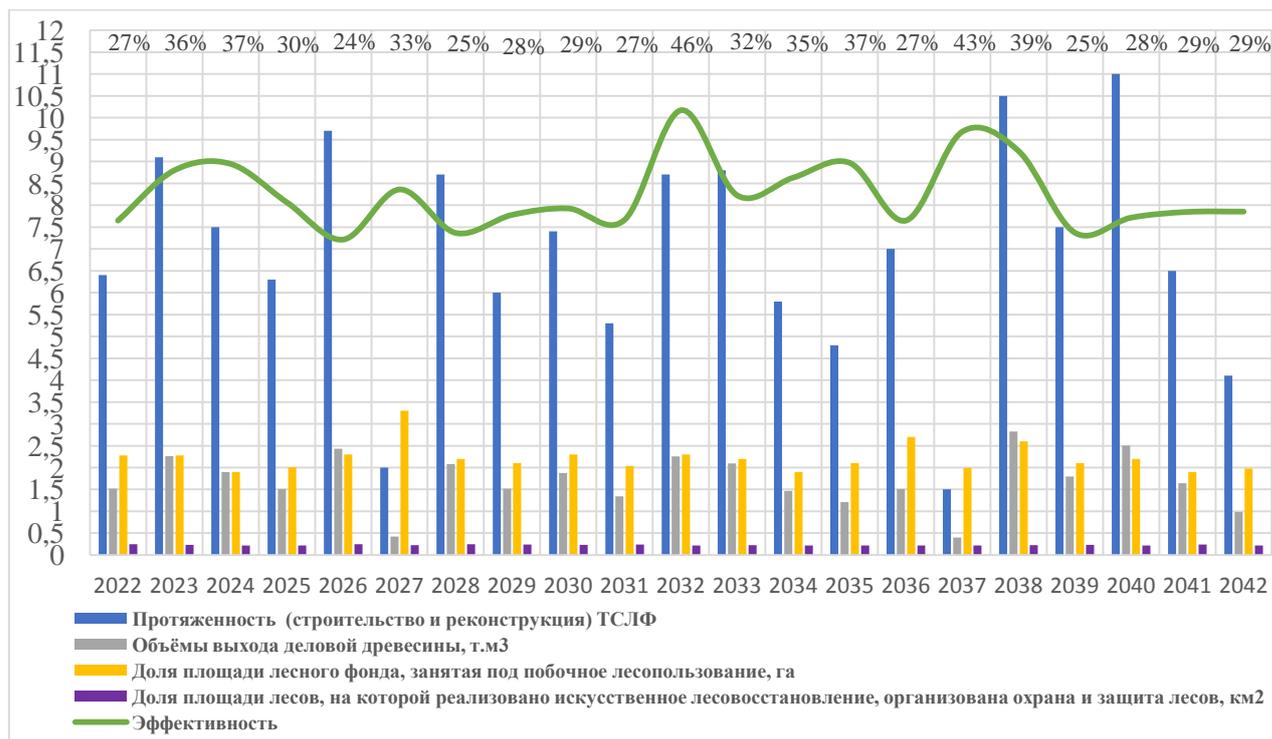


Рисунок 6.18 – Оценка комплексной эффективности планируемых лесных дорог в Манском лесничестве

Касательно оценки комплексной эффективности планируемых лесных дорог, следует отметить, что колебания графической кривой, определяющей изменение указанного показателя по периодам освоения территорий лесного фонда, связаны с естественной неравномерностью реализации

лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий (ограничения в рамках главного лесопользования, неравномерность наличия деловой древесины по гектарам и т.п.).

Касательно, оценки комплексной эффективности ТСЛФ в целом по лесничествам с учетом планирования их развития, данные результативные расчеты представлены в таблице 6.43.

Таблица 6.43 – Результативные значения оценки комплексной эффективности планирования ТСЛФ по субъектам лесного хозяйства

Показатель Субъект Лесного хозяйства	Прирост эффективности реализации противопожарн ых мероприятий $\Delta \text{Эф}_n^{\text{пр}}(T), \%$	Прирост эффективности реализации лесовосстанови тельных мероприятий $\Delta \text{Эф}_n^{\text{л}}(T), \%$	Прирост эффективности использования ресурсного потенциала $\Delta \text{Эф}_n(T)$		Комплексная эффективность планирования развития ТСЛФ $\text{Эф}_n^{\text{к}}(T), \%$
			главного лесопользова ния, %	побочного лесопользова ния, %	
Абанское лесничество	39,30	23,13	26,79	46,67	34,01
Богучанское лесничество	33,20	35,08	9,57	2,19	10,50
Манское лесничество	43,40	33,00	50,68	12,50	55,33

Анализируя данные сводной таблицы 6.43, стоит отметить следующее:

- довольно высокое значение показателя эффективности побочного лесопользования в Абанском лесничестве объясняется неразвитостью данного вида использования лесных ресурсов на территории лесничества, отсюда следует, что повышение побочного лесопользования даже в небольших объемах дает существенное увеличение его эффективности в процентном отношении;

- достаточно высокое значение показателя эффективности реализации лесовосстановительных мероприятий в Богучанском лесничестве объясняется невысокими показателями по искусственному лесовосстановлению на территории лесничества, отсюда следует, что повышение искусственного лесовосстановления даже в небольших объемах дает существенное увеличение его эффективности в процентном отношении.

- при сравнение значений эффективности существующих ТСЛФ по отношению к планируемым выявлено, что посредством развития ТСЛФ

достигается повышение эффективности реализации лесоинженерных и лесохозяйственных мероприятий: главного лесопользования на 29,01%, побочного (разрешенного) лесопользования на 20,45%, противопожарных мероприятий на 38,63 %, лесовосстановительных мероприятий на 30,4%. Приведенные значения показателей, входящих в оценку комплексной эффективности планирования ТСЛФ, являются усредненными, так как они различны в зависимости от природно-производственных условий региона и варьируются в диапазоне от 2,19 % до 50,68%.

Учитывая вышеизложенное, можно утверждать, что полученные расчетные значения эффективности создания и развития ТСЛФ указывают на наличие положительного влияния от планируемых лесных дорог на эффективность ТСЛФ в целом по субъектам лесного хозяйства.

#### 6.4 Выводы по шестому разделу

1. Существующие лесотранспортные сети по субъектам лесного хозяйства, выбранным в целях постановки расчетно-вычислительного эксперимента, характеризуются невысокой плотностью, слабой развитостью, необходимостью проведения реконструкции, ухода, возобновления или строительства. Данная характеристика распространяется не только на лесовозные дороги, но и на лесные дороги лесохозяйственного назначения.

2. Комплексная эффективность существующих лесотранспортных сетей по субъектам лесного хозяйства довольно мала, особенно в Богучанском лесничестве, и является недостаточной для извлечения максимума комплексной продуктивности рассматриваемых лесных территорий. Низкая комплексная эффективность существующих лесотранспортных сетей характеризуется: малой долей дорог круглогодичного действия на территории рассматриваемых лесных земель; масштабной транспортной недоступностью лесных массивов, в том числе и эксплуатационных лесов со спелыми и приспевающими древостоями;

недостаточной развитостью дорог лесохозяйственного назначения. И в этой связи, посредством негативного воздействия лесных пожаров, имеет место масштабное выгорание земель лесного фонда, в основном в результате воздействия природных факторов. А также ввиду отмеченного бездорожья площади искусственно восстановленных лесных территорий ничтожно малы. С учетом указанного, очевидно, что достижение максимума продуктивности данных лесных территорий возможно лишь при дальнейшем развитии сети лесных дорог, включая и дороги противопожарного назначения. Расчетные значения эффективности существующих транспортных сетей на территориях субъектов лесного хозяйства соответствуют реалиям, получена сходимость теоретических положений с практическими результатами, погрешность расчетов составила менее 7%, что доказывает непротиворечивость, гибкость, возможность получения результативных данных с малой погрешностью и универсальность разработанного методологического аппарата.

3. Значение показателя оценки комплексной эффективности ТСЛФ с учетом планируемых лесных дорог почти в два раза выше по отношению к существующим ТСЛФ и варьируются в диапазоне от 10,5 % до 55,33%.

4. Полученные экспериментальным путем значения показателей комплексной эффективности ТСЛФ в целом, от планируемых лесных дорог в частности, указывают на: прирост объемов выхода деловой древесины и доли разрешенного (побочного) лесопользования, увеличение искусственно восстановленных площадей лесного фонда (а также возможность лесовозобновления ценными хозяйственными секциями), повышение качества реализации охраны и защиты лесов.

5. Экспериментальные расчеты показали, что посредством применения предлагаемого математического аппарата достигается повышение эффективности: использования подвижного состава на вывозке лесных ресурсов на 28,6%; доставки сил и средств реализации лесохозяйственных мероприятий на 33,59%. Значения данных показателей в аспекте оценки эффекта по ТСЛФ лесничеств в целом варьируется в диапазоне от 24,49 % до

37,4 % и от 44,25 % до 52,51 % в зоне тяготения планируемых лесных дорог. Данные значения показывают долю эффекта от выбора рациональной транспортно-технологической схемы использования подвижного состава в оценке комплексной эффективности, как ТСЛФ лесничеств в целом, так и планируемых лесных дорог в частности.

Таким образом, результаты, полученные в ходе практической реализации разработанной методологии, подтверждают адекватность теоретических положений настоящего исследования.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Теоретические и экспериментальные исследования по теме диссертации позволили сформулировать следующие выводы и рекомендации производству.

### **Выводы:**

1. Разработанная методология и комплексная математическая модель оценки эффективности планирования ТСЛФ дают возможность, как администрации субъектов лесного хозяйства, так и лесопользователям осуществлять рациональное планирование лесных дорог круглогодичного действия в аспекте многоцелевого лесопользования на базе качественно-количественного критерия оптимальности принятия инженерных решений.

2. Предложенная математическая модель призвана обеспечить рациональность транспортно-технологических схем вывозки лесного ресурса и проведения лесовосстановительных мероприятий с учетом природно-климатических и почвенно-грунтовых факторов, а также обосновать положение перегрузочного пункта в условиях использования многоступенчатой технологии вывозки древесины.

3. Разработанная математическая модель позволяет оценить уровень развития лесотранспортной сети и определить необходимость строительства или реконструкции лесных дорог, благодаря которым: будет обеспечено вовлечение в производственный процесс новых лесных массивов, что позволит повысить эффективность использования расчетной лесосеки (среднегодовой прирост эффективности главного лесопользования в количественном выражении в среднем составит 45 тыс. м<sup>3</sup>); будет обеспечиваться выполнение планов по санитарным рубкам, лесовосстановлению, мониторингу за популяционным ростом и оперативной борьбе с вредителями (ожидаемый рост повышения объема и качества лесохозяйственных мероприятий составит 60-70%).

4. Разработанная математическая модель позволяет оценить уровень развития противопожарных лесных дорог и определить необходимость проектирования дополнительных лесных дорог лесохозяйственного назначения, благодаря которым будет обеспечиваться доставка сил и средств пожаротушения в нормативное время в отдаленные места. Повышение эффективности пожаротушения, в условиях наличия лесных дорог противопожарного назначения, достигается за счет увеличения скорости доставки сил и средств пожаротушения до очага горения в среднем, в зависимости от расстояния доставки, с 4 км/ч до 8 км/ч, что сокращает время прибытия пожарных бригад и спецтехники к очагу горения в среднем с 3 часов до 2,25 часа (положительным эффектом является сокращение времени прибытия сил и средств пожаротушения к очагу горения в среднем на 45 минут), что обеспечивает снижение площади распространения лесных пожаров.

5. Разработанный методологический аппарат дает возможность комплексно оценить ущерб лесным экосистемам от природных катастроф путем формирования совокупности натуральных показателей природных благ до и после катастроф (пожаров); осуществить прогнозирование вероятности возникновения лесных пожаров с точностью до 75-80%, разработку рациональных стратегий их предотвращения и создание оптимальных резервов (на базе расчета эколого-экономического ущерба лесным экосистемам с учетом создания и развития транспортной сети на территории лесного фонда), достаточных для устранения последствий лесных пожаров, которые не были предупреждены и произошли.

6. Предлагаемая методология позволяет объективно определить результаты хозяйственной деятельности как лесопользователей, так и представителей органов управления лесным хозяйством.

7. Предлагаемая методологическая разработка дает возможность выполнить корректный расчет суммарных затрат на создание и развитие транспортной сети на территории лесного фонда и величину возможной

фактической прибыли от многоцелевого лесопользования с учетом общего технико-эколого-социально-экономического эффекта от реализации государственного проекта.

8. Решение проблемы достаточного уровня развития лесотранспортной сети на территории лесного фонда страны позволит добиться России признания поглощения дополнительных тонн углекислого и парникового газов на переговорах по климату, поскольку, согласно действующим правилам, в этот зачёт включают только регулируемые леса, информация по которым должна быть открыта и доступна для верификации.

Таким образом, разработанный методологический аппарат планирования лесотранспортной сети обеспечивает комплексную оценку эффективности ТСЛФ, в результате определения компромиссного оптимума в рамках противоречивости технологической, экономической, социальной и экологической эффективностей ТСЛФ в их сопряжении при решении инженерных задач, направленных на достижение использования максимума продуктивности лесных земель посредством рационального проектирования лесных дорог с учетом принципов устойчивого развития территорий.

#### **Рекомендации:**

1. Предложенный в работе методологический аппарат рекомендуется к использованию, в качестве базового инструмента, для комплексной оценки эффективности планирования лесных дорог круглогодичного действия на территориях лесных земель, как на уровне отдельных лесничеств, так и на региональном и федеральном уровнях.

2. В целях обоснования технологических схем на вывозке древесных ресурсов рекомендуется практическое использование предложенного в работе математического аппарата. Также рекомендуется при легких почвенно-грунтовых и гидрологических условиях применять одноступенчатую технологию вывозки древесины с использованием тяжелого транспорта леса, так как при использовании легкого транспорта снижается производительность подвижного состава. На вывозке ресурсов

побочного лесопользования рекомендуется применять одноступенчатую технологию с использованием легкого транспорта. Двухступенчатую технологическую схему вывозки древесины рекомендуется применять: в тяжелых почвенно-грунтовых и гидрологических условиях при любом значении показателя плеча транспортировки; при любых почвенно-грунтовых и гидрологических условиях, если среднее расстояние вывозки превышает 90 км.

3. Применение математической модели оценки эффективности использования подвижного состава на вывозке древесного сырья в аспекте обоснования рационального места расположения перегрузочного пункта рекомендуется при применении лесозаготовителями двухступенчатой технологии вывозки древесины.

4. При планировании дорог противопожарного назначения рекомендуется применение математической модели оценки эффективности доставки сил и средств пожаротушения в совокупности с методологической разработкой прогнозирования возможного местонахождения очагов возгораний, в целях рационального расположения планируемых дорог в лесном массиве.

5. Разработанный методологический аппарат рекомендуется применять в целях расчета: окупаемости капитальных вложений в проект планирования лесотранспортной сети; размера платы за перевод лесных земель в нелесные; размера платежей за пользование лесным фондом; величины ресурсного потенциала территорий лесного фонда.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдряшитов Р.И., Матвеев Е.С. К вопросу об оптимизации схем транспортного освоения лесных массивов // Современные методы строительства лесовозных дорог и организация транспорта леса.- Химки: ЦНИИМЭ. 1976. – С.43-48.

2. Аким Э.Л., Смирнов А.М., Смирнов М.Н. Применение флотационных методов для локальной очистки стоков ЦБК с целью сокращения расхода воды // Мат-лы научно-практической конференции. — Архангельск. — 2003. — С. 52.

3. Анисимов А.А., Бровкин С.А., Еналеева-Бандура И.М. Проблемы функционирования транспортно-технологического процесса предприятий лесной отрасли // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции: Ижевск, 2021.- С. 7-8.

4. Анисимов А.А., Шувалова В.А., Еналеева-Бандура И.М. Об основных особенностях транспортировки и возможных схемах перевозки лесоматериалов автомобильным транспортом // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции: Ижевск, 2021.- С. 9-12.

5. Антикризисное управление: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Э. С. Минаева, В. П. Панагушина. М.:«ПРИОР». 1999 - 432 с.

6. Апулеев И. Миллиарды за зверя: Минприроды обновило стоимость фауны. // Газета.ru. 29.09.2019.

Режим доступа - <https://www.gazeta.ru/business/2019/09/20/12663211.shtml>

7. Асаул А.Н., Старовойтов М.К., Фалтинский Р.А. Управление затратами в строительстве / Под ред. А. Н. Асаула // – СПб: ИПЭВ, 2009. - 392с.

8. Астапкович К. В., Бровкин С. А., Шувалова В. А., Еналеева-Бандура И. М. Анализ основных научных подходов к устойчивому управлению лесами и лесопользованием //Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2020. – С. 7-9
9. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч.1: Учебник для вузов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.:Транспорт, 1987. - 368 с.
10. Бердникова Л.Н. Определение экологического ущерба от природных пожаров // Вестник КрасГАУ. 2018. №2.- С.189-195
11. Бессолицына Е.П. Ландшафтно-экологическое направление исследований почвенной биоты в геосистемах юга Восточной Сибири // Известия Иркутского государственного университета. 2017. Т.19- С. 20-31
12. Бобруйко Б.И. Экономическая оценка леса по потребительской стоимости. // Лесное хозяйство. 1988. №10. – С. 2-5.
13. Богатова Е.Ю., Беспалова В.В. Экономическая оценка древесных и недревесных лесных ресурсов в современных условиях // Евразийский международный научно-аналитический журнал. Проблемы современной экономики 2019. № 3 (71).- С.287-293.
14. Болданова Е.В., Богомолова Е.Ю., Давыдова Г.В. Многомерная характеристика влияния плотности лесных дорог на объем лесовосстановления и площадь лесных пожаров // Известия Байкальского государственного университета. 2017. Т. 27, № 3.- С. 350–358. DOI 10.17150/2500-2759.2017.27(3).350-358; Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/business/2019/09/20/12663211.shtml>
15. Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Привалихин А.И. Оптимизация лесопользования Нижнего Приангарья // Сырьевые ресурсы Нижнего Приангарья: Труды первой научно-производственной конференции по

реализации Федеральной программы освоения Нижнего Приангарья. - Красноярск, 1997. - С 178-180.

16. Большаков Б.М. О государственной политике в лесном комплексе России// Лесная газета. № 49 от 17.06.2000.- С.2.

17. Борисов Г.А. Методы автоматизированного проектирования лесотранспорта.- Петрозаводск: Карелия, 1978.- 198 с.

18. Бровкин С. А., Токмашев А. А., Астапович К. В., Еналеева-Бандура И. М. Планирование издержек на строительство и реконструкцию транспортной сети на территории лесного фонда // Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2020. – С. 18-20

19. Бровкин С. А., Шувалова В. А., Еналеева-Бандура И. М. Анализ оптимизационных моделей доставки сил и средств пожаротушения с учетом уровня развития лесотранспортной сети // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2021. – С. 15-18

20. Буряк Л.В., Иванов В.А., Зленко Л.В. Лесообразовательный процесс в нарушенных пожарами светлохвойных насаждениях нижнего Приангарья // Фундаментальные исследования. 2015. № 2 (часть 8) – С. 1709-1714

21. Бутусов О. Б. Балансовая математическая модель динамики лесных гарей / О. Б. Бутусов, Н. И. Редикульцева, О. П. Никифорова // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5 (47) Часть 6. — С. 75-79

22. В России ежегодно вырубается 1,2 миллиона гектаров леса // РИА Новости, Global map of deforestation based on Landsat data. 22.09.2019. Режим доступа - <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>

23. Васильев Д.В. Анализ естественного и искусственного возобновления на горях 2010 года для выявления оптимальных условий после пожарного лесовосстановления в Юринском лесничестве// Мир науки и инноваций. 2015. Том 15. – С. 37-42

24. Васильев П.В. Экономика использования и воспроизводства лесных ресурсов. – М.: АН СССР. 1963. – 484 с.

25. Васильева Е.Ф., Иконостасова Т. А., Чесакова С. А., Буркина А.А., Еналеева-Бандура И.М. Об эффективности снижения негативного влияния лесных пожаров посредством повышения качества проведения профилактических мер [В печати] // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения. Всероссийская научно-практическая конференция. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2020.- С. 249-251

26. Возможности эффективного решения технико-экономических инженерных задач при планировании и оптимизации работы транспорта леса. /А.В. Кузнецов, В.И. Скрыпник, А.С. Васильев, И.Р. Шегельман // Инженерный вестник Дона. 2017. №2. – Режим доступа: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4173](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4173)

27. Войтюк М.М. Стратегия развития лесной инфраструктуры сельских территорий региона // автореф...дис. докт. эконом. наук: Москва, 2012.- 40с.

28. Волкова Е.С. Функционирование и эволюция социально-эколого-экономической системы региона с позиции устойчивого развития (на примере Томской области) // автореф... канд. географ. наук : 25.00.36.- Томск, 2004.- 24с.

29. Волкова Е.С., Мельник М.А., Бисирова Э.М. Особенности эколого-экономической оценки ущерба, вызванного инвазией уссурийского полиграфа в темнохвойные леса Сибири// Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». Режим доступа -<https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ekologo-ekonomicheskoy-otsenki-uscherba-vyzvannogo-invaziey-ussuriyskogo-poligrafa-v-temnohvoynye-lesa-sibiri/viewer>

30. Волокитина А.В. Методические аспекты характеристики лесных участков после пожара // Вестник Томского государственного университета. 2015. №3 (31). – С. 84-98
31. Воскобойников И.В. Переработка и воспроизводство лесных ресурсов // Лесная промышленность. 2005. № 2. - С. 5 -7.
32. Вывозка леса // [base.safework.ru](http://base.safework.ru) - [вебсайт]. – Режим доступа: <http://base.safework.ru/>
33. Гавриленко В. И. Лесоводственно-экономическая оценка сравнительной эффективности способов лесовосстановления / В. И. Гавриленко, В. А. Петренко, А. И. Смирнова, Е. Г. Смирнов. СПб.: СПбГЛТА, 2006. - 32 с.
34. Гаврилова О.И., Пак К.А. Естественное восстановление леса после пожаров в республике Карелия // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. – С. 38-44.
35. Горяева Е. В. Оптимизация лесопользования и лесовосстановление на вырубках в условиях нижнего Приангарья // Дис. ... канд. сел./хоз. наук: Красноярск, 2007.- С.21.
36. ГОСТ 31507-2012 от 01.09.2013 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний» – [вебсайт]. Режим доступа - <https://docs.cntd.ru/document/1200097619>
37. Грачев В.В., Трунов Е.С. Экономические аспекты региональной экономики // Лесная промышленность. 2002. №3. – С. 6-9.
38. Громская Л.Я., Артемьев В.В., Левушкин Д.М. Методика определения стоимости строительства лесных автомобильных дорог // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 1. - С. 77–83. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-1-77-83
39. Губайдулина А. И., Ермошина Л. Ю. Комплекс мер рационального использования // современные инновации, 2016. № 11(13).- С.65-66.

40. Денисов С.А., Конюхова Т.А., Рачкова Т.С. Управление лесовосстановлением на гарях// Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2015. №3 (27). – С. 5-17

41. Доклад Специальной группы технических экспертов по биологическому разнообразию лесов, Седьмое совещание, Монреаль, 12-16 ноября 2001г., [Электронный ресурс]. – URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-251881.html>. Дата обращения 11.10.2019г.

42. Доможирова К. В. Совершенствование механизма управления комплексным использованием лесных ресурсов региона // Дис. ... канд. эконом. наук : Пермь, 2015. - 209с.

43. Дуэль А. Россия нашла способ усилить свои позиции на переговорах по климату // Российская газета. Федеральный выпуск № 249(8600). Режим доступа: <https://rg.ru/gazeta/rg/2021/11/01.html>. Дата обращения 14.10.21.

44. Еналеева – Бандура И.М., Астапкович К.В., Васильева Е.Ф., Токмашев А.А. Установление взаимозависимости между негативным влиянием лесных пожаров и уровнем создания и развития транспортной сети региона [Сборник статей] // Шаг в науку. Сборник статей I Всероссийской студенческой конференции с международным участием. – Пермь: ВГУВТ, 2021г. - С. 9-12

45. Еналеева – Бандура И.М., Астапкович К.В., Чесакова С.А., Токмашев А.А. Анализ с экономической, технической и социальной точки зрения доступности лесных территорий [Сборник статей] //Шаг в науку. Сборник статей I Всероссийской студенческой конференции с международным участием. – Пермь: ВГУВТ, 2021г. - С. 67-69

46. Еналеева – Бандура И.М. Выбор оптимальной технологической схемы вывозки древесных ресурсов в зависимости от природно-производственных условий региона // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции Транспорт и логистика: актуальные

вопросы, проектные решения и инновационные достижения. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева - 2021. – С. 114-117

47. Еналеева - Бандура И.М. Модели и методы эколого-экономической оценки продуктивности лесных территорий с учетом уровня развития транспортной сети: монография / И.М. Еналеева – Бандура, Р.Н. Ковалев, А.Н. Баранов, Н.Н. Шишоркин – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2021. – 176 с.

48. Еналеева – Бандура И.М. Обоснование транспортных схем поставки лесного сырья в условиях Восточной Сибири // дис...канд. техн. наук : 05.21.01. -.Екатеринбург.- 2018. – 167с.

49. Еналеева - Бандура И.М. Принципы и методы оценки эффективности лесотранспортной сети в условиях многоцелевого лесопользования: монография / И.М. Еналеева – Бандура, Р.Н. Ковалев, А.Н. Баранов – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2022. – 178 с.

50. Еналеева-Бандура И. М. О необходимости учета параметров лесотранспортной сети при оценивании комплексной продуктивности лесных земель // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2021. – С. 111-113

51. Еналеева-Бандура И. М., Данилов А. Г. Динамическая модель транспортно – технологического процесса поставки лесного сырья в многоиндексной постановке // Хвойные бореальные зоны. 2018. Том XXXVI, № 2. - С. 172–176

52. Еналеева-Бандура И. М., Данилов А. Г. Моделирование эффективной складской сети предприятий лесной отрасли // Хвойные бореальные зоны. 2018. Том XXXVI, № 3. - С. 248–252

53. Еналеева-Бандура И.М. Математическая модель оценки эффективности лесовосстановительных мероприятий с учетом уровня развития лесотранспортных систем / И.М. Еналеева-Бандура, С.А. Бровкин,

К.В. Астапкович, С.А. Чесакова, А.А. Буркина, В.А. Шувалова // Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Challenges in Science of Nowadays» (April 6-8, 2020). Washington, USA: EnDeavours Publisher, 2020. - С. 281-289

54. Еналеева-Бандура И.М. Учет издержек на строительство лесной дорожной сети / И.М. Еналеева-Бандура, С.С. Штерн, Е.В. Скареедина, В.А. Шувалова, С.А. Бровкин, А.А. Буркина, Е.Ю. Тарасенко, С.А. Чесакова // Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference «Science and Practice: Implementation to Modern Society» (June 26-28, 2020). Manchester, Great Britain: Peal Press Ltd., 2020. - С. 16-19

55. Еналеева-Бандура И.М. Государственное регулирование и проблемы сохранения лесных ресурсов / А.А. Буркина, С.А. Чесакова, М.С. Асташевский, И.М. Еналеева-Бандура // Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции: Красноярск, 2021.- С. 41-46.

56. Еналеева-Бандура И.М. Динамическая модель транспортно-технологического процесса доставки лесного сырья в многопродуктовой постановке / И. М. Еналеева-Бандура, А.Г. Данилов, А.Л. Давыдова, А.В. Никончук // Хвойные бореальные зоны. 2017. Том XXXV, № 1-2. - С. 79-82

57. Еналеева-Бандура И.М. Математическая модель определения общей экономической стоимости лесных ресурсов с учётом уровня развития лесотранспортной сети / С.А. Бровкин, Д. О. Зянкина, К. В. Косова, И. М. Еналеева-Бандура // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения. Сборник материалов по итогам Всероссийской научно-практической конференции. под общей редакцией Ю. Ю. Логинова. –Красноярск. - 2021.- С. 151-155

58. Еналеева-Бандура И.М. О влиянии уровня развития транспортной сети на эффективность лесовосстановительных мероприятий / Бровкин С.А., Шувалова В.А., Токмашев А.А., Еналеева-Бандура И.М.// Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы,

человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса. Сборник по материалам XIII Международной научно-технической конференции: Екатеринбург, 2021. -С. 338-340.

59. Еналеева-Бандура И.М. Об основных подходах к оцениванию эффективности транспортного освоения лесов / В. А. Шувалова, О. Б. Монгуш, Ю. Д. Меркулова, И. М. Еналеева-Бандура // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения. Сборник материалов по итогам Всероссийской научно-практической конференции под общей редакцией Ю. Ю. Логинова: Красноярск, 2021. – С.182-184

60. Еналеева-Бандура И.М. Принципы и методы планирования создания и развития транспортных сетей на территории лесного фонда / И.М. Еналеева-Бандура, С.С. Штерн, Е.В. Скареева, В.А. Шувалова, С.А. Бровкин, А.А. Буркина, Е.Ю. Тарасенко, С.А. Чесакова // Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference «Scientific Research in XXI Century» (July 6-8, 2020). Ottawa, Canada: Methuen Publishing House, 2020. - С. 87-91

61. Еналеева-Бандура И.М. Транспортировка леса дорожным путем: преимущества и недостатки / А.А. Буркина, С.А. Чесакова, М.С. Асташевский, И.М. Еналеева-Бандура // Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции: Красноярск, 2021.- С. 38-41.

62. Еналеева-Бандура И.М., Астапкович К. В., Шувалова В. А., Бровкин С. А. Снижение негативного влияния лесных пожаров посредством создания и развития транспортных сетей // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых 23–24 апреля 2020 г.- Красноярск. – С. 98-100

63. Еналеева-Бандура И.М., Астапкович К.В., Штерн С. С., Бровкин С.А., Шувалова В.А. Математическая модель прогнозирования лесных пожаров // Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference

«Challenges in Science of Nowadays» (May 26-28, 2020). Washington, USA: EnDeavours Publisher, 2020. - С. 321-324

64. Еналеева-Бандура И.М., Давыдова А.Л. Динамическая модель прогнозирования эффективности функционирования лесотранспортных систем // Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. XXXVII, № 2. - С.144-148

65. Еналеева-Бандура И.М., Давыдова А.Л. Логистико-математическая модель транспортно-технологического процесса поставки лесного сырья в условиях смешанных перевозок // Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. XXXVII, № 2. С. 149–153

66. Еналеева-Бандура И.М., Токмашев А. А., Абрамов А.С., Макаров Г.В. Математическая модель эффективности лесовосстановительных мероприятий с учетом уровня развития транспортной сети// Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2020. – С. 204-206;

67. Еналеева-Бандура И.М., Чебодаев Е. О., Токмашев А. А., Кондратьева Е. В. Анализ основных методов определения эколого-экономической доступности участков лесного фонда и создание транспортной инфраструктуры // Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2020. – С. 207-209

68. Еналеева-Бандура И.М., Штерн С.С., Астапкович К.В., Бровкин С.А., Шувалова В.А. Оценка величины эколого-экономического ущерба от пожаров лесным экосистемам [Сборник статей] // Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Challenges in Science of Nowadays» (May 26-28, 2020). Washington, USA: EnDeavours Publisher, 2020. - С. 315-320

69. Ефимова Н. Б. Формирование эколого-экономического механизма устойчивого лесопользования в малолесных районах // автореф... дис. канд. эконом. наук : Ставрополь, 2013.- 24с.
70. Ефимова Н.Б. Эколого-экономическая оценка стоимости лесных ресурсов в Волгоградской области // Региональная экономика. Экономика и природопользование. 2012. № 5 (263).- С. 37-42.
71. Жданова Р.В. Определение кадастровой стоимости земельных участков земель лесного фонда // международный сельскохозяйственный журнал. 2016. №1.-С.19-21.
72. Желдак В.И. Эколого-лесоводственные основы целевого устойчивого управления лесами // автореф... дис. доктора биологических наук : Тольятти, 2011.- 41с.
73. Зазыкина Л.А. Методы экономических оценок рекреационных ресурсов и услуг леса // Вестник Моск. гос. ун-та леса. Лесной вестник. 2010. № 2 (71). – С.102-104
74. Залесов С. В. Научное обоснование системы лесоводственных мероприятий по повышению продуктивности сосновых лесов Урала // Дис...-д-ра сел./хоз. наук: 06.03.03. Екатеринбург, 2000.- 435с.
75. Залесов С.В. Опыт рубок обновления в одновозрастных рекреационных сосняках подзоны северной лесостепи / С.В. Залесов, Е.С. Залесова, А.В. Данчева, Ю.В. Федоров // ИВУЗ «Лесной журнал». 2014. № 6.- С. 20-31.
76. Залесов С.В. Повышение продуктивности сосновых лесов Урала [Текст] / С.В. Залесов, Н.А. Луганский. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2002. - 331 с.
77. Залесов С.В., Тукачева А.В. Влияние добровольно-выборочных рубок на таксационные параметры осушенных древостоев // Леса России и хозяйство в них. 2013. № 1 (44). -С. 24–27.
78. Зекунова А.И. Оценка эффективности лесовосстановительных работ // Неделя горняка-2007, семинар № 8, 2008.- С. 278-283

79. Иванюта В.М., Кожухов Н.И., Моисеев Н.А. Экономика лесного хозяйства. – М.: Лесная промышленность. 1983. – 275 с.
80. Ивлев В.А. Лес: проблемы и надежды. Эколого-экономический аспект. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993.
81. Ивлев В.А. Управление лесными ресурсами региона (аспект устойчивого экологического развития). Екатеринбург: УрО РАН, 2000. - 468с.
82. Ивлев В.А. Экономический механизм управления лесными ресурсами региона. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2003. - 290с.
83. Ильин Б.А. Основы размещения лесовозных дорог в сырьевых базах лесозаготовительных предприятий. - Ленинград: Ленинградская лесотехническая академия. 1987.- 64 с.
84. Ильин Б.А. Сальминен Э.О. Теория лесотранспорта: Учебное пособие. - Л.: ЛТА. 1992. - 188с.
85. Ильин Б.А., Кувалдин Б.И. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог: Учебник для вузов.- М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 384 с.
86. Информационный отчет о выполнении работ 1 этапа по теме: Схема размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Красноярского края. Пояснительная записка по Абанскому муниципальному району // ohotnadzor24.ru - [вебсайт]. Режим доступа- // <https://yandex.ru/>. Дата обращения 01.12.2021.
87. Исаева Р.П., Лебедев Ю.В. Лесные экосистемы как объект экономической сферы при кадастровой оценке лесов //Отдел лесоведения Ботанического сада УрО РАН. Екатеринбург. Режим доступа: <http://sciencebsea>. Дата обращения 01.12.2020.
88. Использование модели транспортной сети региона для оценки времени и расстояния наземной доставки сил и средств до лесных пожаров /

Е.С. Подольская, К.А. Ковганко, Д.В. Ершов, П.П. Шуляк, А.И. Сучков // Вопросы лесной науки. 2019. Т 2 (1).- С. 1-28

89. Калашников Е.Н. Современное состояние и динамика лесов Нижнего Приангарья/, В.А. Рыжкова, Ф.И. Плешиков, В.А. Первунин, В.А. Каплунов // Труды первой научно-практической конференции по реализации Федеральной целевой программы освоения Нижнего Приангарья в Красноярском крае, 1997. – С. 159-163.

90. Каракчиева И.В. Информационно-экономическое моделирование лесопользования как эффективный механизм экономического обоснования проекта освоения лесного участка // Лесной вестник .2011. №7.- С. 61-67

91. Карта лесных пожаров // КГАУ "Лесопожарный центр" - Режим доступа:  
[http://www.lpcentr.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=100&Itemid=84#](http://www.lpcentr.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=84#). Дата обращения 01.12.2019.

92. Каткова Татьяна Евгеньевна. Управление рисками в лесном хозяйстве // Дис. ... канд. экон. наук. Йошкар-Ола, 2006.- 261с. РГБ ОД, 61:06-8/1601

93. Князева Г. А. Экономическая доступность лесных ресурсов Республики Коми // «Корпоративное управление и инновационное развитие Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета». 2005, №4. Режим доступа:  
<http://koet.syktsu.ru/vestnik/2005/2005-4/15.htm>. Дата обращения 17.08.2019.

94. Ковалев Р.Н. Математическая модель определения оптимального месторасположения лесных пожарно-химических станций с учетом уровня развития транспортных сетей на территории лесного фонда/ Р.Н. Ковалев, И.М. Еналеева - Бандура, А.Н. Баранов, О.И. Григорьева, И.В. Григорьев // «Resources and Technology». 2021. №4, Т. 18.- С. 77–92.

95. Ковалев Р.Н. Математическая модель определения эффективности доставки сил и средств пожаротушения с учетом уровня

развития транспортной сети на территории лесного фонда/ Р.Н. Ковалев, И.М. Еналеева - Бандура, А.Н. Баранов, О.И. Григорьева, И.В. Григорьев // Системы. Методы. Технологии. 2021 . № 4 (52). - С. 57-62

96. Ковалев Р.Н. Планирование транспортных систем лесных предприятий в условиях многоцелевого лесопользования: монография / Р.Н. Ковалев, С.В. Гуров. Урал. гос. лесотехн. академия, Екатеринбург, 1996. - 250 с.

97. Ковалев Р.Н., Еналеева - Бандура И.М., Баранов А.Н., Иванов В.А., Чжан С.А. Интегральная математическая модель оценки эколого-экономического ущерба от пожаров с учетом уровня развития транспортной сети// Системы.Методы.Технологии. -2020.-№4(48). - С.156-161

98. Кузьминов И.Ф. Социально-экономические проблемы лесопромышленного комплекса на севере европейской России (на примере Костромской области) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2010. № 5. С. 31–43.

99. Курьянов В. К., Скрыпников А. В. Современные критерии оценки транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог / Воронеж. гос. лесотехн. акад. М., 2000. Деп. в ВИНТИ 15.03.00, № 648-В00.- 14с.

100. Кондрашова Е. В., Скворцова Т. В. Совершенствование организации дорожного движения. движения в транспортных системах лесного комплекса. в транспортных системах лесного комплекса // Системы управления и информационные технологии.- 2008. № 3.2(33) - С. 272–275

101. Ковалев Р.Н., Еналеева - Бандура И.М., Баранов А.Н., Иванов А.А., Никифорова В.А. Математическая модель оценки эффективности лесопользования с учетом уровня развития транспортной сети на основе комплексного подхода // Системы.Методы.Технологии. 2020. №4(48).- С.151-155

102. Калужский Я.А., Бегма И.В., Кисляков В.М., Филиппов В.В. Применение теории массового обслуживания в проектировании автомобильных дорог. Издательство «Транспорт», 1969.- 136с.

103. Ковалев Р.Н., Еналеева - Бандура И.М., Баранов А.Н., Чемоданов А.Н. Математическая модель оценки эффективности планирования создания и развития лесной транспортной сети на базе комплексного подхода // Научно-технический и производственный журнал «Деревообрабатывающая промышленность». 2021. №4. - С. 23–30

104. Козлов В.Г. Теоретические основы и методы математического моделирования лесовозных автомобильных дорог/ В.Г. Козлов, А.В. Скрыпников, Е.В. Чернышова, Е.В. Чирков, С.А. Поставничий, Р.В. Могутнов // ИВУЗ. «Лесной журнал». 2018. № 6. – С. 117-127

105. Ковалев Р.Н., Еналеева - Бандура И.М., Баранов А.Н., Шишоркин Н.Н. Метод оценки эколого - экономического ущерба от пожаров лесным экосистемам с учетом планирования и создания лесотранспортных систем // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 4 (52).- С. 73-78

106. Ковалев Р.Н., Еналеева-Бандура И.М. Информационная поддержка оптимизации лесотранспортных систем с учётом неопределенностей // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса. Сборник по материалам XIII Международной научно-технической конференции: Екатеринбург, 2021.- С. 506-511.

107. Ковалев Р.Н., Еналеева-Бандура И.М. Метод прогнозирования фактической прибыли от многоцелевого лесопользования с учетом создания и развития лесотранспортных систем на территории лесного фонда // Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. XXXVII, № 5. - С. 347-352

108. Ковалев Р.Н., Еналеева-Бандура И.М. Метод эффективного планирования суммарных затрат на создание и развитие лесотранспортных

систем с учётом принципов устойчивого развития территорий // Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. XXXVII, № 6. - С. 455-459

109. Ковалев Р.Н., Еналеева-Бандура И.М., Никончук А.В. Оценка влияния пожаров на лесные экосистемы с учетом уровня развития лесотранспортной сети // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 4 (382). - С. 131-149

110. Ковязин В.Ф. Проблема определения кадастровой стоимости земель лесного фонда / В.Ф. Ковязин, А.Ю. Романчиков // Записки Горного института. 2015. Т. 216. С. 232-237.

111. Ковязин В.Ф. Проблема кадастровой оценки лесных земель с учетом инфраструктуры лесного фонда / В.Ф. Ковязин, А.Ю. Романчиков // Записки Горного института. 2018. Т. 229. С. 98-104.

112. Корреляционная зависимость, коэффициент корреляции // Студопедия. Режим доступа - <https://studopedia.ru/> (дата обращения 03.06.2020).

113. Корреляция, корреляционная зависимость // Математическая статистика для психологов. Режим доступа - <https://statpsy.ru/> (дата обращения 03.06.2020).

114. Коршунов Н.А., Савченкова В.А., Провин К.Н. Оценка минимальных требований по техническому оснащению лесопожарных групп // Вестник Красноярского государственного университета. 2017 . Вып. 9.- С. 63–69.

115. Косова К. В. Анализ методологических основ определения показателей оценки транспортного освоения лесов / К. В. Косова, М. А. Морозов, С. А. Бровкин, И.М. Еналеева – Бандура // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева - 2021. – С. 161-163

116. Красноярский край стал одним из лидеров по лесозаготовке в России // Новости Красноярска и Красноярского края - интернет газета Newslab.ru – Режим доступа: <https://newslab.ru/>. Дата обращения 07.01.2020.

117. Крупчак В.Я., Шевелев Ю.В. Управление межотраслевыми производственными комплексами: тенденции и перспективы: монография-Архангельск: Поморский государственный университет, 2003.-271 с.

118. Крылатых Э. Экономические риски в агропромышленном комплексе // АПК: экономика. Управление. 1999. № 7. – С. 3–15.

119. Кунц Г., О' Доннел С. Управление: системный и ситуационный анализ управленческих решений - М.: Прогресс, 1981. Т. 1.- С. 98-116

120. Лебедев Ю.В., Исаева Р.П. Лесные экосистемы как объект экономической сферы при кадастровой оценке лесов // Отдел лесоведения Ботанического сада УрО РАН, Екатеринбург. Режим доступа - [http://science-bsea.bgita.ru/2002/les\\_2002/isaeva\\_lebed.htm](http://science-bsea.bgita.ru/2002/les_2002/isaeva_lebed.htm). Дата обращения 12.10.2019.

121. Леонович И.И., Вырко Н.П., Демидко М.Н. Влияние состояния транспортных путей на эффективность работы лесовозных автопоездов на вывозке заготовленного леса // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2014. № 2. – С. 37-39

122. Лесная энциклопедия: В 2-х т. / Гл. ред. Воробьев Г.И.; Ред. кол. – Анучин Н.А., Атрохин В.Г., Виноградов В.Н. и др. – М.: Сов. Энциклопедия. 1985. Т.1. -563 с.

123. Лесной кодекс Российской Федерации» от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 02.07.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021) // Российская Федерация. Законы. Режим доступа:

124. Лесные пожары в России. Статистика и антирекорды // ТАСС-ДОСЬЕ. 29.07.2019. Режим доступа - <https://tass.ru/info/6712527>. Дата обращения 11.11.2019.

125. Лесозаготовки и лесопильное производство в Богучанском районе // УР.RU - [вебсайт].Режим доступа-<http://www.krskstate.ru/docs/0/doc/51297>. Дата обращения 01.12.2021.

126. Лихоманов О.В., Бубнов Д.В. Денежная оценка средозащитных функций леса (на примере лесов и лесных насаждений Волгоградской области) 1 // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 3, Экон. Экол. 2012. № 2 (21).- С. 214-220

127. Логинов В.Г. Кадастровая оценка природных ресурсов и землепользование // Экологическая безопасность горнопромышленных регионов: тр. междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: Ин-т экономики УрО РАН, 2013. – С. 207 – 215

128. Логинов В.Г. Социально-экономическая оценка развития природно-ресурсных районов Севера// Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2007. – 311с.

129. Ложник Д. В. Обоснование оптимальных схем лесотранспортного процесса лесопромышленных предприятий // автореф... дис. канд. техн. Наук : 05.21.01. – СПб. 2013. – С. 8-12

130. Майоров И.Г. Экономическая доступность лесных ресурсов и транспортная доступность / И.Г. Майоров, А.Г. Третьяков // Экономика и управление. –М.: 2014. 10(119). - С. 24-28

131. Макаров В.П., Малых О.Ф., Горбунов И.В., Пак Л.Н., Зима Ю.В., Банщикова Е.А., Желибо Т.В. Влияние пожаров на флористическое разнообразие сосновых лесов Восточного Забайкалья // Лесн. журн. 2019. № 1. С. 77–86.

132. Максимов Ю. И. Методология статистической оценки и анализ лесных ресурсов России // Дис. ... канд. экон. наук : Москва, 2001. 167 с. РГБ ОД, 61:02-8/40-7

133. Мануковский А.Ю., Гук А.А. Влияние процесса строительства автомобильных дорог на экологическое состояние окружающей среды // Биологическое разнообразие как основа существования и функционирования естественных и искусственных экосистем. Материалы Всероссийской молодёжной научной конференции. 2015. - С. 77-80.

134. Малашихина, Н.Н. Риск-менеджмент [Текст] : учеб. пособие / Н.Н. Малашихина, О.С. Белокрылова. – Ростов н/Д : Феникс, 2004. – 320с.
135. Манское лесничество, КГБУ// Журнал «ЛПХ Сибири»- [вебсайт]. Режим доступа- <https://lpk-sibiri.ru/wiki/manskoe-lesnichestvo/>. Дата обращения 01.12.2021.
136. Матвеева А.А., Рулев А.С. Эколого-экономические аспекты проектирования региональной сети ПХС для регулирования пожароопасной обстановки // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 3 (23).- С. 251-255.
137. Матвеева Т.А., Матвеев А.М. Экологическая роль лесных пожаров // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 10. – С. 107-109
138. Машков Д. М. Совершенствование механизма управления рисками промышленного предприятия // Дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 : Москва, 2015.-152с.
139. Мелехов И.С. Лесоводство. 2-е изд. доп., испр. - Москва, МГУЛ, 2003. - 320 с.
140. Месторождения подземных вод Красноярского края // Территориальный центр Эвенкия мониторинг Организация и ведение государственного, территориального и объектного геологического мониторинга. Решение гидрогеологических задач. - [вебсайт]. Режим доступа - [http://www.evgm.ru/stati/article\\_post/mestorozhdeniya-podzemnykh-vod-krasnoyarskogo-kraua](http://www.evgm.ru/stati/article_post/mestorozhdeniya-podzemnykh-vod-krasnoyarskogo-kraua). Дата обращения 01.12.2021.
141. Методика экономической оценки лесных ресурсов и лесных земель, доступности древесных ресурсов и формирование квоты на ресурсы: методич. рекомендации / Н.П. Чупров и др.// М-во природных ресурсов РФ.– Архангельск: Изд-во Сев. науч. - исслед. ин-та лесн. хоз-ва., 2003. – 45 с.
142. Методические рекомендации по применению сил и средств для тушения лесных пожаров (утв. МЧС России № 2-4-87-9-18 от 16.07.2014 г.). Режим доступа- [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_246655/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_246655/). Дата обращения 08.09.2021.

143. Методы изучения взаимосвязи социально-экономических явлений с помощью корреляционно-регрессивного анализа // Ассистентус. Режим доступа: <http://www.grandars.ru/student/statistika/korrelyacionno-regressionnyu-analiz.html>. Дата обращения 03.06.2020.
144. Мигунова Е.С. Лесная типология Г.Ф. Морозова — А.А. Крюденера — П.С. Погребняка — теоретическая основа лесоводства // Лесной вестник . 2017. Т. 21. № 5.- С. 52–63 DOI: 10.18698/2542-1468-2017-5-52-63
145. Михайлов С. Первая партия FSC-продукции СЛДК // Лесные новости. 2006. №05 (120).- С. 4.
146. Моисеев Н.А. Воспроизводство лесных ресурсов. – М.: Лесная промышленность. 1980. – 264 с.
147. Моисеев Н.А. Лесной сектор и лесное хозяйство: проблемы и альтернативы их решения. // Лесное хозяйство. 2003. № 1– С.5-10.
148. Моисеев Н.А. Научные и практические проблемы русского леса // Лесное хозяйство. 2000. № 5.- С.2-6.
149. Моисеев Н.А. Организация устойчивого пользования и управления лесами в рыночных условиях: первоочередные проблемы экономики лесного хозяйства. // Лесное хозяйство. 2002. № 4.– С.2-4.
150. Момот А. В. Проектирование противопожарных лесных дорог по критерию времени доставки сил и средств пожаротушения // Лесотехнический журнал. 2016. №1. - С.116-122.
151. Морозов Г.Ф. Учение о лесе / под ред. В.Г. Нестерова, 7-е издание перераб. и доп. Ленинград, 1949. Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/uch/eni/eol/ese/>. Дата обращения 09.03.2019.
152. Мохирев А.П. Анализ рентообразующих факторов лесозаготовок [Электронный ресурс]. 2005. Режим доступа - <http://science-forum.vis.ru>. Дата обращения 23.09.2020.
153. Неверов А.В., Болотов О.В., Болотова А.С., Астраханцев В.С. Региональные проблемы развития Лесосибирского лесопромышленного узла

в системе Нижне-Ангарского ТПК //Использование и восстановление ресурсов Ангаро-Енисейского региона: Всесоюзная научно-практическая конференция. - Красноярск, Лесосибирск, 1991. - С. 10-17.

154. Некрасов М.Д. Платежи за лесные ресурсы // Лесн. хоз-во. 1999 № 1 – С. 34–35.

155. Некрасов М.Д. Об экономической оценке лесных ресурсов // Лесн. жур. 2006. № 5. – С.123-129.

156. Нечаева О.В., Еналеева-Бандура И.М. Математическая модель общей экономической стоимости лесных ресурсов на базе логистического подхода [Сборник статей] // Логистические системы в глобальной экономике. Часть 1: Сборник статей международной научно-практической конференции «Логистические системы в глобальной экономике»: Красноярск, СибГУ им. М.Ф. Решетнева -2020г.- с.214-218

157. Носов С.И. Оценка земельных ресурсов для рентного регулирования землепользования: моногр.– М.: Русская оценка, 2005. – 125 с.

158. О лесопожарной обстановке в России // Федеральное агентство лесного хозяйства. ФБУ "АВИАЛЕСООХРАНА". 29.07.2019. Режим доступа - <https://aviales.ru/popup.aspx?news=5493> Дата обращения 01.12.2019.

159. Об оценке индекса потребительских цен //Федеральная служба государственной статистики [вебсайт].- Режим доступа - <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/50798?print=1>. Дата обращения 30.12.21.

160. Об утверждении лесохозяйственного регламента Абанского лесничества" Приказ министерства лесного хозяйства Красноярского края от 29.12.2017 № 1894-од. Режим доступа - <http://www.krskstate.ru/docs/0/doc/51627>. Дата обращения 30.12.2021.

161. Об утверждении лесохозяйственного регламента Богучанского лесничества" приказ министерства лесного хозяйства Красноярского края от 29.12.2017 № 1923-од. Режим доступа- <http://zakon.krskstate.ru/0/doc/51522>. Дата обращения 30.12.2021.

162. Об утверждении лесохозяйственного регламента Манского лесничества" приказ министерства лесного хозяйства Красноярского края от 14.08.2018 № 1085-од. Режим доступа- <http://www.krskstate.ru/docs/0/doc/51297>. Дата обращения 30.12.2021.

163. Обливин А.Н. Основные положения национальной лесной политики России //Лесное хозяйство. 2001. № 1.– С.7-11.

164. Общеевропейские указания операционного уровня по устойчивому лесопроизводству» (Pan European Operational Level Guidelines for Sustainable Forest Management, PEOLG) // [vuzdoc.ru](http://vuzdoc.ru). Действующие международные договоренности. Режим доступа: <https://vuzdoc.ru/> Дата обращения 02.07.2021.

165. Оплетаев А.С., Чермных А.И. Повышение продуктивности лесов: Учебно-методическое пособие для магистров Института леса и природопользования очной и заочной форм обучения по направлению 35.04.01 «Лесное дело». Урал. гос. лесотехн. ун-т, Екатеринбург, 2017. -28 с.

166. Оптимизация потоков в транспортных системах / Беляков С.Л., Белякова М.Л., Боженюк А.В., Савельева М.Н. // Известия ЮФУ. Технические науки. Раздел III. Моделирование сложных систем. 2014. №5. - С.161-167

167. Оптимизация территориального размещения лесных пожарно-химических станций / Н.А. Тюрин, Л.Я. Громская, Т.С. Антонова, О.В. Зубова, В.В. Силецкий // Известия Санкт-петербургской лесотехнической академии. 2019. № 227 .– С. 224-235

168. Основы расчета и планирования устойчивого управления лесопользованием: Монография / О.В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, А.С. Болотова и др. – Красноярск: СибГТУ, 2005. – 180 с.

169. Основы устойчивого лесопроизводства : учеб. пособие для вузов. — 2"е изд., перераб. и доп. / М. Л. Карпачевский, В. К. Тепляков, Т. О. Яницкая, А. Ю. Ярошенко [и др.]; под общ. ред. А. В. Беляковой, Н. М.

Шматкова; Всемирный фонд дикой природы (WWF). — М : WWF России, 2014. — 266 с.

170. Отчет о результатах деятельности КГБУ «Абанское лесничество» и об использовании закрепленного за ним государственного имущества на 01.01.2020 за 2019 год. Режим доступа - [http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/44513\\_abanskoe\\_otcet\\_o\\_rez.deytelxnosti\\_2019.pdf](http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/44513_abanskoe_otcet_o_rez.deytelxnosti_2019.pdf). Дата обращения 30.12.2021.

171. Отчет о результатах деятельности КГБУ «Абанское лесничество» и об использовании закрепленного за ним государственного имущества на 01.01.2021 за 2020 год. Режим доступа: [http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/49792\\_abanskoe\\_otcet\\_o\\_rez.deytelxnosti\\_za\\_2020\\_g.pdf](http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/49792_abanskoe_otcet_o_rez.deytelxnosti_za_2020_g.pdf). Дата обращения 30.12.2021.

172. Отчет о результатах деятельности КГБУ «Богучанское лесничество» и об использовании закрепленного за ним государственного имущества на 01.01.2020 за 2019 год. Режим доступа - [http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/44519\\_bogucanskoe\\_otcet\\_o\\_rez\\_deytelxnosti\\_2019.pdf](http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/44519_bogucanskoe_otcet_o_rez_deytelxnosti_2019.pdf). Дата обращения 30.12.2021.

173. Отчет о результатах деятельности КГБУ «Богучанское лесничество» и об использовании закрепленного за ним государственного имущества на 01.01.2021 за 2020 год. Режим доступа - [http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/49798\\_bogucanskoe\\_otcet\\_o\\_rez\\_deyt\\_za\\_2020.pdf](http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/49798_bogucanskoe_otcet_o_rez_deyt_za_2020.pdf). Дата обращения 30.12.2021.

174. Отчет о результатах деятельности КГБУ «Манское лесничество» и об использовании закрепленного за ним государственного имущества на 01.01.2020 за 2019 год. Режим доступа - [http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/44545\\_mansk\\_otcet\\_o\\_rezulxtatah\\_deytelxnosti\\_2019.pdf](http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/44545_mansk_otcet_o_rezulxtatah_deytelxnosti_2019.pdf). Дата обращения 30.12.2021.

175. Отчет о результатах деятельности КГБУ «Манское лесничество» и об использовании закрепленного за ним государственного имущества на 01.01.2021 за 2020 год. Режим доступа -

[http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/49827\\_manskoe\\_otcet\\_o\\_rez\\_deyt\\_za\\_2020.pdf](http://mlx.krskstate.ru/dat/bin/art/49827_manskoe_otcet_o_rez_deyt_za_2020.pdf).

Дата обращения 30.12.2021.

176. Оценка и автоматизация процедуры оценки земель различных категорий: монография / Р.Н. Ковалев [и др.]: Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2008. - 285 с.

177. Ошаров С. На восстановление сгоревшего леса уйдет больше ста лет. Ученый ответил на главные вопросы о пожарах // Прима Новости. Наука. Режим доступа - <https://prmira.ru/news/na-vostranovlenie-sgorevshej-tajgi-ujdet-bolshe-sta-let-krasnoyarskie-uchenye-rasskazali-kak-eto-bud/>. Дата обращения 06.08.2019.

178. Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Букварева Е.Н. Экологоцентрическая концепция природопользования // Вестник РАН. 2010. Т. 80. № 2. - С. 131-140.

179. Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Букварева Е.Н., Дгебуадзе Ю.Ю. Сохранение биологического разнообразия как условие устойчивого развития - М.: ООО «Типография ЛЕВКО»; Институт устойчивого развития: Центр экологической политики России, 2009. — 84 с.

180. Пахомова Н.В. Экономика природопользования и экологический менеджмент. — СПб.: Прогресс. 1999.- 260 с.

181. Первеева Е.С., Зиновьева И.С. Перспективы внедрения инноваций в лесной комплекс РФ // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 7 (часть 1). – С. 143

182. Петров А.П. Методы определения попенной платы и стоимостной оценки лесных ресурсов за рубежом.// Лесное хозяйство. 1989. №8. – С. 48-50.

183. Петров А.П. Организация комплексного использования лесных ресурсов. – М.: Лесная промышленность. 1978. – 184 с.

184. Петров А.П. Экономическая оценка лесных ресурсов в условиях их аренды. // Лесное хозяйство. 1993. №4. – С. 12-15.

185. Петров В.Н. Неуправляемые леса России // Лесная газета № 23 (10373) 26 марта 2013 года. Режим доступа – <http://www.forestforum.ru/>. Дата обращения 30.10.2019.
186. Пильник Ю.Н., Сушков С.И., Бурмистрова О.Н. Разработка модели планирования оптимального использования лесовозного транспорта по сети автомобильных дорог // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). - С. 73-78
187. Писаренко А. И., Страхов В. В. Какая лесная политика нужна России? // Лесное хозяйство. 2006. № 2. – С. 2-5.
188. Писаренко А.И. Лесное хозяйство в Российском государстве: от богатства к скудности. // Лесное хозяйство. 2002. № 3. – С. 2-8.
189. Писаренко А.И. Устойчивое лесовосстановление – основа устойчивого лесопользования. // Лесное хозяйство. 2003. № 5. – С. 2-5.
190. Писаренко. А.И., Страхов В.В. Без лесной политики нам не отстоять интересов России // Лесная газета. 2006г. №3. Режим доступа - <http://lesnayagazeta.forest.ru/>.
191. Побединский А.В. Рационально использовать лесные богатства России. // Лесное хозяйство. 2002. № 6. – С. 2-5.
192. Поконов А.А. Лесопромышленный комплекс России в 2020 году: проблемы и перспективы развития // Московский экономический журнал. 2020. № 12.- С.707-712
193. Потапова Е.В. Математический подход к оценке величины ущерба лесным экосистемам // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2007г. Режим доступа - <https://cyberleninka.ru/article/n/14407471>. Дата обращения 27.11.2020.
194. Потапова Е.В. Эколого-экономическая оценка ущерба лесам от загрязнений воздуха атмосферы /Е.В. Потапова, Ю.Ю. Копылова и др.// Вторая всеросс. научно-практ. конф. Проблемы геоэкологии южного Урала. Оренбург, 4-5 октября 2005г.- С. 156-158.
195. Потапова Е.В. Экономическая оценка ущербов лесам от пожаров с учетом экологических рисков на территории Свердловской области //

автореф... дис. канд. эконом. наук : 08.00.05; Сиб. гос. геодез. акад. - Новосибирск, 2006. - 22с.

196. Потравный И. М., Зуев В. Е. Разработка механизма экологизации экономики на основе внедрения системы экологического управления предприятием. // Экономика природопользования. 2005. № 5. — С. 46-55.

197. Починков С. Экономические основы устойчивого лесопользования// Брошюра. Режим доступа - <https://www.booksite.ru/fulltext/poch/inkov/index.htm>. Дата обращения 21.05.2019.

198. Прешкин Г.А. Анализ экономических факторов формирования стоимости лесных ресурсов // Лесной журнал. 2011. № 1. - С. 131-136.

199. Прешкин Г.А. Затратный подход к оценке лесных благ // Вестник Моск. гос. ун-та леса - Лесн. вестник. - Мытищи: Изд-во МГУЛ, 2010. № 5. – С. 203-208

200. Прешкин Г.А. Модель стоимостной оценки лесных благ // Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург: Изд. дом УрГСХА, 2011. № 11(90). – С. 61-62.

201. Прешкин Г.А. Нормативы оценки лесных благ: моногр. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. – 319 с.

202. Прешкин Г.А. Оценка экономических факторов в формировании стоимости лесных ресурсов // ИВУЗ. Лесн. журн. 2011. № 1. – С.111-116.

203. Прешкин Г.А. Оценка эффективности лесовосстановления // Леса России и хозяйство в них. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008. № 1(30). – С. 10 -14.

204. Прешкин Г.А., Яндыганов Я.Я., Власова Е.Я. Методические подходы к экономической оценке древесных ресурсов на основе региональных нормативов // Изв. Урал. гос. экон. ун-та. - Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ, 2011. № 1. – С.141 -150.

205. Применение логистико-математических моделей в лесной отрасли: монография / И.М. Еналеева – Бандура, А.Г. Данилов.– Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2020. – 168 с. (ISBN 978-5-86433-793-6)
206. Прогноз инфляции в России от экспертов АПЭКОН // Агентство прогнозирования экономики [вебсайт].- Режим доступа - <https://apecon.ru/prognoz-inflyatsii-na-gody-v-rossii>. Дата обращения 30.12.21.
207. Пунцукова С.Д. Эколого-экономическая оценка лесных ресурсов как основа устойчивого лесопользования // Вестник Бурятского государственного университета. 2011. №4. – С. 38-43
208. Пфаненштиль И.В. Принципы определения эколого-экономической доступности ресурсов Красноярского края // Дис.... канд. техн. наук: 06.03.02. – Красноярск, 2002. – 128 с.
209. Рай Е., Торхов С., Щеголев А. Определение, выделение и сохранение лесов высокой природоохранной ценности. Практический опыт Архангельской области // Устойчивое лесопользование. 2006. № 2(10). — С. 24-28.
210. Ранцев А.А. Определение наивыгоднейшего расстояния трелевки // Лесная индустрия. 1937. №1.-С.11-12.
211. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь – справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
212. Рогозина О. Отследить каждый этап пути древесины от делянки до покупателя вполне реально // Устойчивое лесопользование. 2006. № 2(10).-С. 5-8.
213. Рябухин П. Б. Оптимизация параметров технологических процессов лесопромышленного комплекса Дальнего Востока на принципах устойчивого лесопользования : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. - Братск, 2008. - 42 с.
214. Романчиков А. Ю. Кадастровая оценка покрытых лесной растительностью лесных земель таежной зоны северо-запада Российской

Федерации при многоцелевом использовании их ресурсного потенциала // дис. ... кандидата технических наук : 25.00.26; Санкт-Петербург, 2017. - 231с.

215. Романчиков А.Ю. Алгоритм массовой кадастровой оценки лесных земель по таксационным показателям насаждений / Романчиков А.Ю. и др.// Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 11. – С. 108–116

216. Рукомойников К.П., Мохирев А.П. Обоснование технологической схемы лесозаготовительных работ путем создания динамической модели функционирования предприятия // Лесн. журн. 2019. № 4. - С. 94–107

217. Рукоусева Д.А. Анализ использования лесных ресурсов Почетского участкового лесничества КГБУ «Абанское лесничество» / Баранов А.Н., Рукоусева Д.А., Юрова А.Д.// Эффективные лесотранспортные системы для освоения лесных массивов Красноярского края/редактор, Баранов А.Н. – Красноярск: СибГУ, 2019. – 60 с.

218. Рунова Е.М., Гребенюк А.Л. Воспроизводство лесов на базе критериев устойчивого лесопользования // Режим доступа - <http://sciencebsea.narod.ru/>.

219. Салминен Э.О. Автоматизация проектирования лесовозных дорог: Учебное пособие. – Л.: Ленинградский университет, 1990. – 264 с.

220. Свод правил. Лесные дороги. Правила проектирования и строительства» СП 288.1325800.2016 от 17.06.2017г. // Консорциум Кодекс. Электронный фонд актуальных правовых и нормативно-технических документов. Режим доступа - <https://docs.cntd.ru/document/456069592>. Дата обращения 20.07.2021.

221. Свод правил. Лесные дороги. Правила эксплуатации» СП 318.1325800.2017 от 26.06.17г. // Консорциум Кодекс. Электронный фонд актуальных правовых и нормативно-технических документов. Режим доступа - <https://docs.cntd.ru/document/556610333>. Дата обращения 20.07.2021.

222. Селезнев Н.С. Развитие транспортной инфраструктуры лесных территорий региона // автореф... дис. канд. эконом. Наук: 08.00.05 : Улан-Удэ, 2013.- 24с.
223. Скрыпников А. В. Методы оценки технико-экономических, энергетических, экологических показателей функционирования дороги / Воронеж. гос. лесотехн. акад. Деп. в ВИНТИ12.03.01. № 616-В2001. - 14 с.
224. Сныткин Г. В. Лесные пожары и борьба с ними на Крайнем Северо-Востоке Сибири // дис... д-ра сел./хоз. наук : 06.03.03; М.: 2002.- 314с.
225. Соколов В.А. Основы лесной политики: Учебное пособие. – Красноярск: КГУ, 2003. – 140с.
226. Соколов В.А. Основы управления лесами Сибири. – Красноярск: Издательство СО РАН, 1997. – 308 с.
227. Соколов В.А., Данилин И.М., Фарбер С.К. и др. Проблемы устойчивого лесопользования. – Красноярск: Изд-во СО РАН, 1998. – 225 с.
228. Соколов В.А., Фарбер С.К. Проблемы лесопользования в Нижнем Приангарье /Сырьевые ресурсы Нижнего Приангарья // Труды первой научно-практической конференции по реализации Федеральной целевой программы освоения Нижнего Приангарья в Красноярском крае, 1997. – С. 173-178.
229. Стороженко С.С. Логистический подход в управлении транспортно-технологическим процессом лесного комплекса // Деп. в ВИНТИ. 2003. №144-В.- 24 с.
230. Стороженко С.С. Математическая модель транспортно-технологического процесса лесного комплекса / С.С. Стороженко, Э.О. Салминен, С.В. Гуров // Информационные системы управления в лесном комплексе. Материалы НТК 26.11.99. – СПб.: ЛТА, 1999. - С.45-47
231. Стороженко С.С. Оптимизация плана перевозки древесины в Северо-Западном регионе / С.С. Стороженко, Э.О. Салминен, С.В. Гуров //

Информационные системы управления в лесном комплексе. Материалы НТК 26.11.99. – СПб.: ЛТА, 1999- С.42-44

232. Стороженко С.С. Управление перевозкой древесины в Северо - Западном регионе с применением логистического подхода // Деп. в ВИНТИ. 2003. №144-В. - 22 с.

233. Стороженко С.С. Управление транспортно-технологическим процессом перевозки древесины // Рациональное использование лесных ресурсов. Материалы межд. науч.- практ. конф. Йошкар-Ола, 2001. - С.15-17

234. Страхов В.В. Устойчивое управление лесами: Теория и методология // дис... д-ра сел./хоз. наук в форме науч. доклада: 06.03.02.- Брянск: 1998.-77с

235. Ферару Г. С. Методология устойчивого развития предприятий лесопромышленного комплекса как эколого-экономических систем // автореф... дис. д-ра эконом. наук : 08.00.05.- Москва-2009, 33с.

236. Ферару Г.С. Оценка эффективности управления предприятием в рамках системы экологического менеджмента // Менеджмент в России и за рубежом 2007. № 1. - С. 17 - 23.

237. Ферару Г.С. Экоинновационная деятельность как фактор повышения качества и конкурентоспособности продукции // Стандарты и качество. 2007. №3.- С. 80-83.

238. Ферару Г.С., Дороговцев А.П. Экологический менеджмент в контексте экологизации системы управления и производства // Вестник Международного «Института управления». — 2006. № 1-2. — С. 79.

239. Физико-географическое описание территории Манского муниципального района // Инфопедия для углубления знаний - [вебсайт]. Режим доступа- <https://infopedia.su/>. Дата обращения 01.12.2021.

240. Филюшкина Г. Н. Рента как критерий экономической доступности лесных ресурсов // Актуальные проблемы лесопромышленных производств. Петрозаводск, 2002. - С. 22-25.

241. Фитищева З.И. Экономика предприятий лесной промышленности: Учебное пособие для студентов спец. 260100. 2-е изд. стер. – М.: МГУЛ, 2002. – 370 с.
242. Характеристика Богучанского лесхоза Красноярского края // vuzlit.ru - [вебсайт]. Режим доступа- [https://vuzlit.ru/1643925/relef\\_pochvy](https://vuzlit.ru/1643925/relef_pochvy). Дата обращения 01.12.2021.
243. Хильченко Н.В. Оценка эколого-экономического ущерба (методы и практика): Препринт /Н.В. Хильченко, Е.В. Потапова и др. - Екатеринбург: УрО РАН Институт экономики, 2004. - 67 с.
244. Чернова Г.В. Управление рисками: учеб. пособие / Г.В. Чернова, А.А. Кудрявцев. – М. : ТК Велби; Проспект, 2005. – С. 22–38.;
245. Черных Р.А. Обоснование транспортных схем лесных дорог для эффективного освоения лесов (на примере предприятий Нижнего Приангарья) // дис. ... канд. техн. Наук: 05.21.01.- Красноярск, 2017.-113с.
246. Чижов А.П. Совершенствование процессов лесопиления на основе картографирования сосняков Нижнего Приангарья // Дис.... канд. техн. наук: 06.03.02. – Красноярск, 2002. – 128 с.
247. Чиненов М.В. Инвестиции: учебное пособие / под редакцией М. В. Чиненова. - 3-е изд., стер. - Москва : КноРус, 2016. - 365 с.
248. Шевелев С.Л. Многоцелевое лесопользование в лиственничниках Средней Сибири // Автореф... дис. д-ра. сел./хоз. наук : 06.03.02.- Красноярск, 1998. - 36с.
249. Шипицина О.В. Лесоводственная и экономическая эффективность искусственного лесовосстановления // автореф... дис. канд. сел./хоз. наук : 06.03.03, 06.03.02.- Екатеринбург, 2009.- 19 с.
250. Штерн С. С., Шувалова В. А., Еналеева – Бандура И.М. Планирование издержек на строительство лесной дорожной сети // «Актуальные проблемы авиации и космонавтики».- Красноярск: СибГУ, 2019.- С. 518-520

251. Шувалова В. А. Методика кадастровой оценки лесных земель с учетом фактора планирования транспортной сети на территории лесного фонда / В. А. Шувалова, С. А. Бровкин, Р.Н. Ковалев, И.М. Еналеева – Бандура // «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе» (2019) . Пермь: ПНИПУ, 2019. Т1.-С.146-149

252. Шувалова В. А., Бровкин С. А., Астапович К. В., Еналеева-Бандура И. М. Об основных математических методах определения эколого-экономической доступности участков лесного фонда // Сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева - 2020. – С. 145-147

253. Шувалова В.А., Штерн С.С., Еналеева – Бандура И.М. Модель планирования совокупных затрат на создание и развитие транспортной сети на территории лесного фонда // «Актуальные проблемы авиации и космонавтики».- Красноярск: СибГУ, 2019.- С. 524-526.

254. Экологический, экономический и социальный аспекты в развитии лесной транспортной инфраструктуры / Т. В. Якушева, А. А. Борозна, Л. С. Ветров, М. Т. Насковец // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. Лесопромышленный комплекс. Транспортно-технологические вопросы, 2014. №2.- С. 63-65

255. Яковлева Т.И. Экономическая оценка лесов и ее динамика во времени. // Лесное хозяйство. 1987. №8. – С. 26-29.

256. Amacher, G.S. Economics of Forest Resources [Text] / G.S. Amacher, M. Ollikainen, E. Koskela. – Massachusetts : The MIT Press, 2009 – 320 P.

257. Bouchard M., Pothier D. Long-Term Influence of Fire and Harvesting on Boreal Forest Age Structure and Forest Composition in Eastern Québec // Forest Ecology and Management. 2011. Vol. 261, iss. 4. Pp. 811–820. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.11.020

258. Burke C.P., Jones D.L. On the polarity and continuing current in unusually large lightning flashes deduced from ELF events // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 1996 Vol. 58. Pp. 531 – 548

259. Carrasco L.R., Nghiem T.P.L., Sunderland T., Koh L.P. Economic Valuation of Ecosystem Services Fails to Capture Biodiversity Value of Tropical Forests. Biological Conservation, 2014, vol. 178, pp. 163–170. DOI: 10.1016/j.biocon.2014.08.007

260. Conard S.G., Sukhinin A.I., Stocks B.J., Cahoon D.R., Davidenko E.P., Ivanova G.A. Determining Effects of Area Burned and Fire Severity on Carbon Cycling and Emissions in Siberia. Climatic Change, 2002, vol. 55, iss. 1-2, pp. 197–211. DOI: 10.1023/A:1020207710195

261. Ecological and economic efficiency assessment of forest-transport systems based on the principles of sustainable territorial development/ R N Kovalev, I M Enaleeva-Bandura, A V Nikonchuk and R A Chernykh// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science IP address 89.105.158.250 on 15/11/2019 at 02:11 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 315 (2019) 052004 doi:10.1088/1755-1315/315/5/052004

262. Enaleeva- Bandura I. DYNAMIC MODEL OF A FOREST TRANSPORT SYSTEM TAKING INTO ACCOUNT THE STOCHASTIC COMPONENT /Enaleeva- Bandura I.,Kovalev R.,Brovkin S., Chesakova S., Burkina A., Shuvalova V., Shtern S // Scientific discoveries: projects, strategies and development: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Vol. 1), October 25, 2019. Edinburgh, UK: European Scientific Platform.- Pp.76-81

263. Enaleeva-Bandura, I. M, Chernykh R A, Kovalev R N, Planning of forest transport systems based on the principles of sustainable development of territories. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 395, [1068] ISSN: 1755-1315

264. R N Kovalev, V. I., Enaleeva-Bandura, I. M., Vasilijev. Mathematical model of transport network planning on the territory of the forest fund // IOP Conf.

Series: Materials Science and Engineering. 918(2020) 012048 doi:10.1088/1757-899X/918/1/012048

265. Enaleeva-Bandura, I. M. Modelling of the Transport-Technological Process of Delivery of Wood Raw Materials under the Conditions of Uncertainty / I. M. Enaleeva-Bandura, A. V. Nikonchuk, R. A. Chernykh // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International Science and Technology Conference «EarthScience».– Russky Island: IOP Publishing, 2020. – P. 022027. – DOI 10.1088/1755-1315/459/2/022027.

266. Environmental Science [Text] / M. P. North, S. L. Stephens, B. M. Collins, J. K. Agee, J. F. Franklin // Reform forest fire management. Insights. USA. – 2015. – Pp. 1280-1281.

267. Faustmann, M. 1849. Calculation of the Value which Forest Land and Immature Stands Possess [Text] / M. Faustmann // Journal of Forest Economics. – 1995. – no. 1 – PP. 89-114

268. Hansen A.J., Spies T.A., Swanson F.J., Ohmann J.L. Conserving Biodiversity in Managed Forests: Lessons from Natural Forests // BioScience. 1991. Vol. 41, iss. 6. Pp. 382–392. DOI: 10.2307/1311745

269. Kovalev R.N., Enaleeva-Bandura I.M., Parshina V.S. Dynamic model for the assessment of the forest management efficiency taking into account the development of the transport network // AIP CONFERENCE PROCEEDINGS. SCIENTIFIC CONFERENCE ON RAILWAY TRANSPORT AND ENGINEERING (RTE 2021). 2021. - C. 100027. URL: <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0064418>

270. Martinez-Harms M.J., Bryan B.A., Balvanera P., Law E.A., Rhodes J.R., Possingham H.P., Wilson K.A. Making Decisions for Managing Ecosystem Services. Biological Conservation, 2015, vol. 184, pp. 229–238. DOI: 10.1016/j.biocon.2015.01.024

271. P.V. Detz. Gibt es eine optimal Walders-Chliepfung // Allgemeine Forstzeitschrift. 1979. V.34. № 7. P. 141-167.

272. Schaich H., Milad M. Forest Biodiversity in a Changing Climate: Which Logic for Conservation Strategies? // Biodiversity and Conservation. 2013. Vol. 22, iss. 5. Pp. 1107–1114. DOI: 10.1007/s10531-013-0491-7

273. Sessions J. A. Heuristic algorithm for the solution of the variable and fixed cost transportation problem // Symposium on System Analysis in Forest Resources. Univ. of Georgia, Athens, 1987. Pp. 324-336.

274. Soriano L.R., De Pablo F., Tomas C. Ten-year study of cloud-to-ground lightning activity in the Iberian Peninsula // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 2005 Vol. 67 N 16 Pp.1632 – 1639

275. Spenser John S.A. A method for estimating operability and location of the timber resouces. - New York 1986.- 340 p.

276. Venier L.A., Thompson I.D., Fleming R., Malcolm J., Aubin I., Trofymow J.A., Langor D., Sturrock R., Patry C., Outerbridge R.O., Holmes S.B., Haeussler S, De Grandpré L., Chen H.Y.H., Bayne E., Arsenault A., Brandt J.P. Effects of Natural Resource Development on the Terrestrial Biodiversity of Canadian Boreal Forests // Environment

277. Weintraub A., Church R. L., Murray A. T., Guignard M. Forest management models and combinatorial algorithms: analysis of state of the art //Annals of Operations Research 96, 2000. Pp. 271–285.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

Данные о лесничествах в соответствии с запросом в Министерство  
лесного хозяйства по Красноярскому краю



*О предоставлении информации*

### ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО

В ответ на запрос Министерство лесного хозяйства по Красноярскому краю направляет Вам следующую информацию:

об объемах искусственного лесовосстановления по итогам 2019 года в разрезе лесничеств Красноярского края (приложение 1);

по лесным пожарам по итогам 2019 года в разрезе лесничеств (приложение 2).

Приложения: на 6 л. в 1 экз.

Первый заместитель министра

А. Г. Большаков

**Информация о объемах реализации искусственного лесовосстановления  
по итогам 2019 года в разрезе лесничеств Красноярского края**

№ п/п	Наименование лесничества	Всего	В ТОМ ЧИСЛЕ	
			посадкой сеянцев, саженцев	посевом семян лесных растений
1	Абанское	159,7	159,7	
2	Ачинское	20,6	20,6	
3	Байкитское			
4	Балахтинское	20	20	
5	Боготольское	5	5	
6	Богучанское	165,7		165,7
7	Большемуртинское	127,6	127,6	
8	Большеулуйское	30,1	30,1	
9	Борское			
10	Верхнеманское	50	50	
11	Гремучинское	430,9		430,9
12	Даурское	88,7	88,7	
13	Дзержинское	249,52	249,52	
14	Долгомостовское	77,2	77,2	
15	Емельяновское	74,4	74,4	
16	Енисейское	350,9	350,9	
17	Ермаковское	70,7	70,7	
18	Идринское	51,5	51,5	
19	Иланское	155,2	155,2	
20	Ирбейское	169,1	169,1	
21	Казаченское	204,2	204,2	
22	Канское	61,9	61,9	
23	Каратузское	45	45	
24	Кизирское	38	38	
25	Кодинское	1894		1894
26	Козульское	24,9	24,9	
27	Красноярское			
28	Краснотуранское	10	10	
29	Курагинское	35	35	
30	Маганское	10	10	
31	Манзенское	31,7		31,7

Продолжение приложения 1  
к информационному письму  
от 28.05.2020г.

№ п/п	Наименование лесничества	Всего	В том числе	
			посадкой сеянцев, саженцев	посевом семян лесных растений
32	Манское	88,3	88,3	
33	Мининское			
34	Минусинское	60	60	
35	Мотыгинское	301,5		301,5
36	Назаровское			
37	Невонское	311,6		311,6
38	Нижне-Енисейское			
39	Новоселовское			
40	Пировское	122,1	122,1	
41	Пойменское	50	50	
42	Рыбинское	10	10	
43	Шушенское	46,4	46,4	
44	Саянское	56,4	56,4	
45	Североенисейское			
46	Сухобузимское	40,56	40,56	
47	Таежинское	30	30	
48	Таймырское			
49	Теряньское	206		206
50	Тинское	176,8	176,8	
51	Тунгусско-Чунское			
52	Туруханское			
53	Тюхтетское	40	40	
54	Ужурское	30	30	
55	Усинское	10	10	
56	Усольское	282,7	282,7	
57	Уярское	16,9	16,9	
58	Хребтовское	99,4		99,4
59	Чунский	338,65		338,65
60	Шарыповское	10	10	
61	Эвенкийское			
	Всего	6978,83	3199,38	3779,45









## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель министра  
лесного хозяйства Красноярского края

\_\_\_\_\_ А.В. Коробкин

А.В.

« 15 » февраля 2022

### АКТ

О внедрении результатов диссертационной работы на соискание учёной степени доктора технических наук доцента кафедры Лесного инжиниринга Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева Еналеевой - Бандуры Ирины Михайловны на тему: «Методологические основы планирования лесотранспортной сети в условиях многоцелевого лесопользования»

Настоящий акт подтверждает, что методология планирования транспортной сети на территории лесного фонда с учетом взаимосвязи ее параметров и продуктивности лесных земель, разработанная в диссертационном исследовании Еналеевой - Бандуры И.М., будет использована в рамках реализации отраслевой программы «Развития лесного комплекса Красноярского края» на 2023 г. в качестве методических рекомендаций по рациональному планированию лесных дорог в подведомственных подразделениях лесного хозяйства, в целях повышения эффективности реализации хозяйственной деятельности в области:

- выполнения планов по санитарным рубкам, лесовосстановлению, мониторингу за популяционным ростом и оперативной борьбе с вредителями;
- использования расчетной лесосеки;
- разработки стратегий предотвращения лесных пожаров и создания оптимальных резервов, достаточных для устранения их последствий.

Главный специалист отдела  
лесной промышленности  
и инвестиционных проектов  
в области освоения лесов



С.В. Первушин

«УТВЕРЖДАЮ»

Исполняющий обязанности руководи-  
теля КГБУ «Богучанское лесничест-  
во»

М. П.  Фильберт И.П.

« 17 » февраля 20 22 г.



АКТ

О внедрении результатов диссертационной работы на соискание ученой степени доктора технических наук доцента кафедры Лесного инжиниринга Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева Еналеевой-Бандура Ирины Михайловны на тему: «Методологические основы планирования лесотранспортной сети в условиях многоцелевого лесопользования».

Комиссия в составе:

Председатель комиссии: заместитель руководителя Шур Сергей Викторович,

члены комиссии: лесничий Колесниченко Мария Борисовна,

участковый лесничий Брюханов Сергей Иванович,

составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Еналеевой-Бандура И.М., будут использованы предприятием КГБУ «Богучанское лесничество» в области развития лесотранспортной сети (планируется строительство лесной дороги круглогодичного действия протяженностью 15,3 км). Данное внедрение позволит вовлечь в производственный процесс новые лесные массивы площадью 13,85 тыс.га, что обеспечит повышение эффективности использования расчетной лесосеки (среднегодовой прирост эффективности в количественном выражении составит 45тыс. м<sup>3</sup>).

Председатель комиссии

  
\_\_\_\_\_

С.В. Шур

Члены комиссии

  
\_\_\_\_\_

М.Б. Колесниченко

  
\_\_\_\_\_

С.И. Брюханов

УТВЕРЖДАЮ:

Ректор СибГУ  
им. М.Ф. Решетнева

Акбулатов Э.Ш.

« 18 » февраля 20 22 г.

М.П.



**АКТ**

использования в учебном процессе результатов  
диссертационной работы к.т.н., доцента кафедры Лесного инжиниринга  
Сибирского государственного университета науки и технологий имени  
академика М.Ф. Решетнева Еналеевой-Бандуры Ирины Михайловны

Результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени доктора технических наук, выполненного на тему «Методологические основы планирования лесотранспортной сети в условиях многоцелевого лесопользования» к.т.н., доцента кафедры Лесного инжиниринга Еналеевой-Бандуры И. М., используются в учебном процессе:

- направления 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», направленностей «Лесоинженерное дело», «Лесопромышленное дело», «Транспортная логистика леса», уровня бакалавриата, очной и заочной форм обучения, в лекционных курсах и практических занятиях по дисциплинам: «Сухопутный транспорт леса»; «Потоки в лесопромышленной логистике»; «Управление запасами и формирование лесных грузопотоков»;

- направления 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», направленности «Технологические процессы и оборудование лесопромышленных производств», уровня магистратуры, очной формы обучения, в лекционных курсах и практических занятиях по дисциплине «Лесопромышленная логистика и управление цепями поставок».

При выполнении курсового и дипломного проектирования обучающихся данных направлений подготовки.

Директор  
Института лесных технологий

П. Г. Колесников

Заведующий кафедрой  
Лесного инжиниринга  
д-р с.-х. наук, доцент

Е. В. Авдеева

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
 Руководитель КГБУ «Манское лесничество»  
 М. П.  Попов А.В.  
 « 21 » февраля 20 22



**АКТ**

О внедрении результатов диссертационной работы на соискание ученой степени доктора технических наук доцента кафедры Лесного инжиниринга Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева Еналеевой-Бандура Ирины Михайловны на тему: «Методологические основы планирования лесотранспортной сети в условиях многоцелевого лесопользования».

Комиссия в составе:

Председатель комиссии - заместитель руководителя Ефремов Николай Анатольевич;

Члены комиссии - инженер охраны и защиты леса Томм Иван Иванович; инженер лесопользования Ильин Сергей Егорович.

Настоящим подтверждаем, что научные и практические результаты диссертационной работы Еналеевой-Бандура И.М. реализованы в области прогнозирования очагов активного повышения популяции сибирского шелкопряда. Прогнозируемые данные были подтверждены фактически на 75%. Результаты прогностических расчетов позволили оперативно провести лесохозяйственные мероприятия по предупреждению распространения вредителей и сохранить лесную площадь, занятую темнохвойными породами в размере более 30 га.

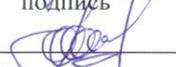
Приняты к внедрению диссертационные разработки Еналеевой-Бандура И.М. в области рационального планирования дорог лесохозяйственного назначения. Внедрение планируется в рамках реконструкции лесных дорог, общая протяженность которых составит 25,8 км. Посредством данных дорог будут обеспечиваться выполнение планов по санитарным рубкам, лесовосстановлению, мониторингу за популяционным ростом и оперативной борьбе с сибирским шелкопрядом. Ожидаемый рост повышения объема и качества лесохозяйственных мероприятий составляет 60-70%.

Председатель комиссии

  
 \_\_\_\_\_  
 подпись

/Ефремов Н. А./

Члены комиссии

  
 \_\_\_\_\_  
 подпись

/Томм И. И./

  
 \_\_\_\_\_  
 подпись

/Ильин С. Е./

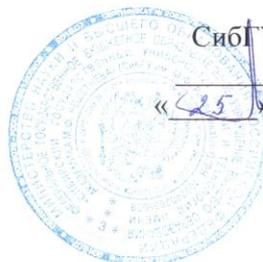
## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НИД  
СибГУ им. М.Ф. Решетнева  
Логинов Ю.Ю.

«25» февраля 2022 г.

М.П.



### АКТ

использования в научно - исследовательской работе студентов  
результатов диссертационной работы к.т.н., доцента кафедры  
Лесного инжиниринга Сибирского государственного университета науки и  
технологий имени академика М.Ф. Решетнева  
Еналеевой-Бандуры Ирины Михайловны

Результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени доктора технических наук, выполненного на тему «Методологические основы планирования лесотранспортной сети в условиях многоцелевого лесопользования» к.т.н., доцента кафедры Лесного инжиниринга Еналеевой - Бандуры И. М., изложенные в монографиях: «Модели и методы эколого-экономической оценки продуктивности лесных территорий с учетом уровня развития транспортной сети», авторов: И.М. Еналеевой – Бандуры, Р.Н. Ковалева, А.Н. Баранова, Н.Н. Шишоркина; «Принципы и методы оценки эффективности лесотранспортной сети в условиях многоцелевого лесопользования» авторов: И.М. Еналеевой – Бандуры, Р.Н. Ковалева, А.Н. Баранова, используются при выполнении научно-исследовательской работы и дипломного проектирования студентов и магистрантов направлений 35.03.02 и 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

Заведующий кафедрой  
Лесного инжиниринга  
СибГУ им. М.Ф. Решетнева  
д-р с.-х. наук, доцент

Е. В. Авдеева