

На правах рукописи



Корнилов Константин Александрович

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ
РАЗМЕЩЕНИЮ ЛЕСОСЕК ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Петрозаводск - 2017

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Петрозаводский государственный университет»

- Научный руководитель **Щеголева Людмила Владимировна,**
доктор технических наук, доцент
- Официальные оппоненты: **Бурмистрова Ольга Николаевна,**
доктор технических наук, профессор, заве-
дующая кафедрой технологии и машины
лесозаготовок ФГБОУ ВО «Ухтинский
государственный технический универси-
тет»
- Клюев Глеб Валентинович,**
кандидат технических наук, руководитель
группы экспертизы объектов котлонадзора
и нефтехимии ООО «Технический инже-
нерный центр».
- Ведущая организация ФГБОУ ВО «Воронежский государствен-
ный лесотехнический университет имени
Г.Ф. Морозова».

Защита состоится «7» апреля 2017 г. в 16:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.190.03 в Петрозаводском государственном университете по адресу 185910, Республика Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Петрозаводского государственного университета и на сайте <http://www.petrstu.ru/>

Автореферат разослан «___» _____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Р. В. Воронов

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Эффективное освоение лесных ресурсов входит в число приоритетных направлений развития лесопромышленного комплекса Российской Федерации. Согласно государственной программе «Развитие лесного хозяйства на 2013 – 2020 гг.» на землях лесфонда необходимо повышать эффективность использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов за счет рационального и интенсивного освоения лесных ресурсов при сохранении их экологических функций и биологического разнообразия. Так как в российской системе лесопользования отношения между государством (как собственника лесных ресурсов) и лесопользователем в основном построены на правах аренды, то достижение поставленных целей возможно только арендаторами лесных участков.

Арендатор отвечает за лесную территорию с определенными характеристиками и проектирует комплекс лесозаготовительных и лесохозяйственных мероприятий для рационального освоения лесных ресурсов. Одной из важнейших задач лесозаготовительного производства является подбор лесосечного фонда с последующим лесовозобновлением. Из-за разнообразия природно-производственных условий местности задача по рациональному размещению лесосек является многовариантной, имеет множество решений и является актуальной для лесозаготовителей. Учитывая, что в рамках лесного законодательства предусмотрено краткосрочное пользование лесными участками по договорам купли-продажи лесных насаждений, то рассматриваемая тема весьма актуальна для органов исполнительной власти при исполнении полномочий в области лесных отношений.

Степень разработанности темы исследования. Проблеме рационального освоения лесных участков и размещению лесосек посвящены работы ученых Алябьева В.И., Андрейчука А.В., Антоновой Т.С., Анучина Н. П., Батищева Е.Т., Болотова О. В., Гладкова Е.Г., Гордеева С.М., Григорьева И.В., Грехова Г.Ф., Громской Л. Я., Жуковой А.И., Ильина Б.А., Коваленко Т.В., Крупко А. М., Кувалдина Б.И., Кузнецова А.В., Ложника Д.В., Лукашевича В.М., Меньшикова В. Н., Мохирева А. П., Патыкина В. И., Петровского В.С., Роженцовой Н. И., Рукомыникова К.П., Рыбникова П. С., Салминена Э.О., Скрыпника В.И., Скрыпникова А.В., Соколова А.П., Сушкова С. И., Тюрина Н. А., Тюрина А. Н., Ци С., Чулуунбатара Б., Ширнина Ю.А., Шегельмана И. Р., Щеголевой Л.В., Якимовича С.Б. и др.

На основе анализа научных трудов по данной тематике и с учетом последних трансформаций в лесном законодательстве было выявлено, что не все факторы учитываются в принятии технологических решений по рациональному распределению лесосек в пределах арендованного лесного участка. Также было выявлено, что существующие модели и методы используют для расчетов лесосеки, набор которых был первоначально сформирован в производстве.

Цель исследования. Разработка и обоснование технологических решений и методики формирования рациональной схемы размещения лесосек на заданный период с учетом требований лесного законодательства в области использования, воспроизводства, защиты и охраны лесов.

Задачи исследований:

1. Определить наиболее значимые факторы, влияющие на размещение лесосек и на специфику технологического освоения лесосек.
2. Разработать модель и алгоритм формирования лесосек на период планирования.
3. Разработать методику полевых исследований лесосек и на ее основе оценить нарушения лесохозяйственных требований, связанных с технологией лесозаготовок.
4. Провести анализ технологических нарушений лесохозяйственных требований на примере Республики Карелия и оценить их объемы (удельные показатели);
5. Апробировать разработанные методику, модель и алгоритм формирования лесосек на территории лесного участка лесозаготовительного предприятия.

Научная новизна. Определены наиболее значимые факторы, влияющие на выбор местоположения лесосек в пределах лесного участка. Разработаны математическая модель и алгоритм задачи рационального формирования и размещения лесосек на заданный период, учитывающие территориальное распределение и таксационные характеристики выделов и лесохозяйственные требования к формированию лесосек. Разработана методика анализа нарушений лесного законодательства. Получены количественные показатели, характеризующие объемы лесонарушений, влияющих на дальнейшее воспроизводство, охрану и защиту лесов. Сформированы рекомендации по использованию разработанной модели и алгоритма на примере лесозаготовительного предприятия Республики Карелия.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты экспертной оценки факторов, влияющих на рациональное размещение лесосек.
2. Математическая модель и алгоритм рационального размещения лесосек на лесных участках, учитывающие производственные затраты лесозаготовительных и лесовосстановительных работ, лесохозяйственные требования к формированию лесосек, объемы возможных лесонарушений, актуализацию природно-производственных условий.
3. Закономерности, характеризующие показатели технологических лесонарушений на примере Республики Карелия.
4. Технологические решения и рекомендации для выбора рациональных схем размещения лесосек в границах лесного участка.

Достоверность научных исследований подтверждается значительным статистическим материалом, полученным в реальных природно-производственных

условиях, адекватностью разработанных моделей, результатами статистической обработки данных.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследования являются научной основой для принятия технологических решений при выборе рациональных схем размещения лесосек на лесных участках, что повышает эффективность использования лесных ресурсов. Представленная технология подбора лесосек для освоения лесного участка может быть рекомендована для использования в других лесозаготовительных районах Российской Федерации.

Методология и методы исследования. Методология работы включала сочетание теоретических и экспериментально-практических исследований. В работе использованы методы математического моделирования, обработка статистических данных, полевые эксперименты, фотохронометражные наблюдения, программное обеспечение.

Место проведения. Работа выполнена на кафедре технологии и организации лесного комплекса и кафедре прикладной математики и кибернетики ПетрГУ. Полевые исследования проводились на территории арендованных участков предприятий Республики Карелия: Олонецлес, Агроводснаб, Запкареллес, Шуялес, СЛЗК и других предприятий Республики Карелия.

Реализация работы. Материалы работы переданы Министерству по природопользованию и экологии Республики Карелия. А также используются в организации лесозаготовительного производства ЗАО «Шуялес» и внедрены в учебный процесс Института лесных, инженерных и строительных наук ПетрГУ. Подготовлены предложения по совершенствованию лесного законодательства Российской Федерации.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертации представлены:

- на международных конференциях «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» (Вологда, 2008-2010 гг.), «СеверГеоЭкоТех» (Ухта, 2008-2011), «Опыт лесопользования в условиях Северо-Запада Российской Федерации и Фенноскандии» (Петрозаводск, 2011), «Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления» (Петрозаводск, 2009), «Техника и технологии – мост в будущее (Петрозаводск, 2014).

- на республиканских конференциях «Развитие производительных сил Республики Карелия» (Петрозаводск, 2010), «Рациональное природопользование и перспективы устойчивого развития лесного сектора экономики» (Великий Новгород, 2008), «Законодательное обеспечение устойчивого использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, сохранения биоразнообразия, охраны природных территорий и развития экотуризма» (Великий Новгород, 2011), «Правовые проблемы использования и охраны лесов и повышение лесного потенциала России» (Петрозаводск, 2013), «Проблемно-ориентированные исследования процессов инновационного развития региона» (Петрозаводск, 2013), «Ресурсы и

инвестиционная привлекательность приграничного региона» (Петрозаводск, 2016).

- на научно-практических семинарах КарНИИЛПКа; на совещаниях в Министерстве по природопользованию и экологии, на заседаниях кафедры «Технологии и организации лесного комплекса» ПетрГУ.

Публикации. Результаты приведенных исследований опубликованы в 26 работах, в том числе четыре статьи в изданиях, включенных в перечень российских рецензируемых журналов и рекомендуемых ВАК. Издано одно учебное пособие.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, основных выводов и рекомендаций, списка литературы и приложений. Общий объем работы 124 с., в т. ч. 53 рисунков, 9 таблиц, 3 приложения. Список литературы содержит 196 наименований.

Содержание работы

Во введении определена актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель исследований, основные положения, выносимые на защиту, приведена краткая характеристика работы.

В первом разделе представлен состав подготовительных работ с учетом современного лесного законодательства. Для лесопользователя одним из важнейших этапов технологического освоения лесосек является определение их местоположения в пределах арендованных лесных участков и последовательность их освоения. Исследования в области влияния природно-производственных условий на эффективность лесосечных работ велись ЦНИИМЭ, МГУЛ, СПб ГЛТА, КарНИИЛПом (КарНИИЛПКом), Марийским ГТУ, Воронежский ГЛТУ, Поволжский ГТУ. В разделе более подробно рассмотрены научные труды ученых, которые занимались рациональным размещением лесосек в границах лесного участка. Анализ работ показал, что не все факторы учитываются при размещении лесосек и формировании их границ. В связи с этим для научно-обоснованного размещения лесосек на закрепленных за лесопользователями лесных участках с учетом современного лесного законодательства и лесохозяйственных требований были поставлены задачи исследования, перечисленные выше.

Во втором разделе приведены результаты экспертной оценки по выявлению наиболее значимых факторов, влияющих на размещение лесосек в пределах арендованной территории лесозаготовительного предприятия. Опрос проводился среди экспертов посредством опросной формы, где представлены 28 факторов. Критериями для отбора экспертов служили: глубокие знания в организации лесозаготовительного производства, опыт работы на лесозаготовительных предприятиях или в научных заведениях. Эксперты были независимы друг от друга.

Средний стаж работы экспертов в лесной отрасли составил 33,3 года. В исследовании приняло участие 24 эксперта. Эксперты должны были оценить влияние каждого фактора по пяти бальной шкале (0 – фактор не значим). Анализ анкет показал, что наиболее значимыми факторами являются расстояние вывозки, наличие и состояние дорожной сети, таксационная характеристика древостоя (состав, товарность, запас). Более 50% экспертов указали в числе значимых факторов затраты на лесохозяйственные мероприятия, необходимые для выполнения охраны и защиты леса в период разработки лесосеки и ее последующего возобновления. По результатам анкетирования был выбран перечень затрат для апробации модели и алгоритма размещения лесосек.

Для выбора рационального плана освоения и технологии размещения лесосек на лесном участке возможны различные критерии, в первую очередь экономического характера. Например, минимальная себестоимость заготовки, максимальная выручка, максимальная прибыль, минимальные удельные затраты на 1 куб. м. заготовки насаждения по хвойному хозяйству и др. В каждом случае в первую очередь необходимо оценить затраты на освоение, которые были разделены на затраты подготовительных работ, затраты на заготовку, затраты на строительство дорог, затраты на ремонт и содержание дорог, затраты на вывозку лесоматериалов, затраты на последующее лесовосстановление, потенциальные затраты за лесонарушения.

Упрощенная модель расчета затрат на освоение лесосеки по предлагаемой методике, учитывающая также затраты на воспроизводство, защиту и охрану лесов, выражается следующей формулой:

$$Z(\Theta_{ij}) = Z_p + Z_o + Z_s + Z_v + Z_l + Z_n,$$

где $Z(\Theta_{ij})$ – затраты на освоение лесосеки Θ_{ij} ; Z_p – затраты на подготовительные работы; Z_o – затраты на лесосечные работы; Z_s – затраты на строительство дорог и их содержание (ремонт); Z_v – затраты на вывозку по существующим и проектируемым дорогам; Z_l – затраты на лесохозяйственные мероприятия; Z_n – возможные выплаты за нарушения лесохозяйственных требований.

В третьем разделе представлены модель задачи рационального размещения лесосек на территории лесозаготовительного предприятия и приближенный алгоритм ее решения. В модели использованы следующие обозначения. План размещения лесосек формируется на период T лет. На каждый год t определяется множество выделов, на которых можно проводить заготовку леса – $\Omega_t = \{\omega \mid G_{\text{year}}(\omega, t) > Y \ \& \ G_{\text{delay}}(\omega, t) = 0\}$, где $G_{\text{year}}(\omega, t)$ – функция, возвращающая возраст древостоя выдела ω в год t , $G_{\text{delay}}(\omega, t)$ – функция, возвращающая значение отсрочки рубки на выделе ω в год t , Y – минимальный возраст древостоя для проведения рубок. Из числа этих выделов формируются лесосеки Θ_{ij} , каждая из которых представляет собой объединение соседних выделов: $\Theta_{ij} = \{\omega \mid \omega \in \Omega_t \ \& \ \omega \notin G_{\text{adjoin}}(\{\Theta_{ti}\}_{i \neq j}) \ \& \ \omega \in G_{\text{neighbor}}(\Theta_{ij} \setminus \omega)\}$, где

$G_{\text{adjoin}}(\{\Theta_{tj}\}_{i \neq j})$ – функция, возвращающая множество выделов, являющихся примыкающими к лесосекам $\{\Theta_{tj}\}_{i \neq j}$, $G_{\text{neighbor}}(\Theta_{tj} \setminus \omega)$ – функция возвращающая множество выделов, имеющих общие границы хотя бы с одним из выделов множества $\{\Theta_{tj} \setminus \omega\}$. При формировании лесосек должны учитываться следующие ограничения. Размер лесосеки не должен превосходить разрешенной максимальной ширины (W) и длины (L). Ширина и длина лесосеки определяется на основе пространственного расположения выделов с помощью функций $G_{\text{width}}(\Theta_{tj})$ и $G_{\text{square}}(\Theta_{tj})$. Суммарный объем рубок на выделенных лесосеках в год $t - \sum_j V(\Theta_{tj})$ не должен превосходить объем годовой расчетной лесосеки V_t . В задаче требуется определить ежегодную структуру лесосек с минимальными затратами на заготовку – $Z(\Theta_{tj})$. Модель задачи выглядит следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{t,j} Z(\Theta_{tj}) \rightarrow \min \\ \Omega_t = \{\omega \mid G_{\text{age}}(\omega, t) > Y_p \ \& \ G_{\text{delay}}(\omega, t) = 0\}, \quad t = 1..T \\ \Theta_{tj} = \{\omega \mid \omega \in \Omega_t \ \& \ \omega \notin G_{\text{adjoin}}(\{\Theta_{ti}\}_{i \neq j}) \ \& \ \omega \in G_{\text{neighbor}}(\Theta_{tj} \setminus \omega)\}, \quad t = 1..T \\ G_{\text{width}}(\Theta_{tj}) \leq W, \quad t = 1..T, \quad j = 1..N_t \\ G_{\text{square}}(\Theta_{tj}) \leq W \cdot L, \quad t = 1..T, \quad j = 1..N_t \\ \sum_j V(\Theta_{tj}) = V_t, \quad t = 1..T \\ G_{\text{delay}}(\omega, t+1) = \begin{cases} 0, & \omega \in \Theta_{tj}, \quad j = 1..N_t \\ F(\Theta_{tj}), & \omega \in G_{\text{adjoin}}(\Theta_{tj}), \quad j = 1..N_t \\ 0, & \omega \notin G_{\text{adjoin}}(\Theta_{tj}), \quad j = 1..N_t \ \& \ G_{\text{delay}}(\omega, t) = 0 \\ G_{\text{delay}}(\omega, t) - 1, & G_{\text{delay}}(\omega, t) > 0 \end{cases} \\ G_{\text{age}}(\omega, t+1) = \begin{cases} 0, & \omega \in \Theta_{tj}, \quad j = 1..N_t \\ G_{\text{age}}(\omega, t) + 1, & \text{иначе} \end{cases} \end{array} \right.$$

Для решения задачи разработан алгоритм (*рис.1*), работающий по принципу «жадных» алгоритмов. Технологическая подготовка предусматривает формирование лесосек последовательно на каждый год t . Для планируемого года t формируется множество выделов Ω_t , входящих в эксплуатационные леса и необходимую группу возраста (спелые и перестойные насаждения). Из множества исключаются выделы, которые невозможно освоить в планируемый год по срокам примыкания согласно правилам заготовки древесины для соответствующего лесорастительного района. Вокруг каждого выдела ω из множества Ω_t формируется лесосека Θ_{tj} , границы которой не превышают установленных параметров по допустимой ширине лесосек W и площади $W \times L$ (например, для Республики Ка-

релии они составляют соответственного 500 м и 50 га для хвойного хозяйства), также учитывается требование по размещению лесосек относительно направления преобладающих ветров. К лесосеке выделы добавляются по принципу максимума запаса. Для каждой лесосеки рассчитываются затраты на подготовительные работы, затраты на освоение заданной системой машин, затраты на строительство и содержание дорог, затраты на вывозку лесоматериалов из лесосеки, затраты на лесовосстановление, затраты на потенциальные нарушения лесохозяйственных требований. Из множества всех построенных лесосек последовательно выбираются лесосеки с минимальными затратами и не попадающие под сроки примыкания ранее выбранных лесосек, пока суммарный объем заготовки на выбранных лесосеках не достигнет допустимого объема расчетной лесосеки. При переходе к следующему году актуализируется таксационное описание на один год (по запасу, по возрасту, по составу насаждения) и сроки отсрочек.

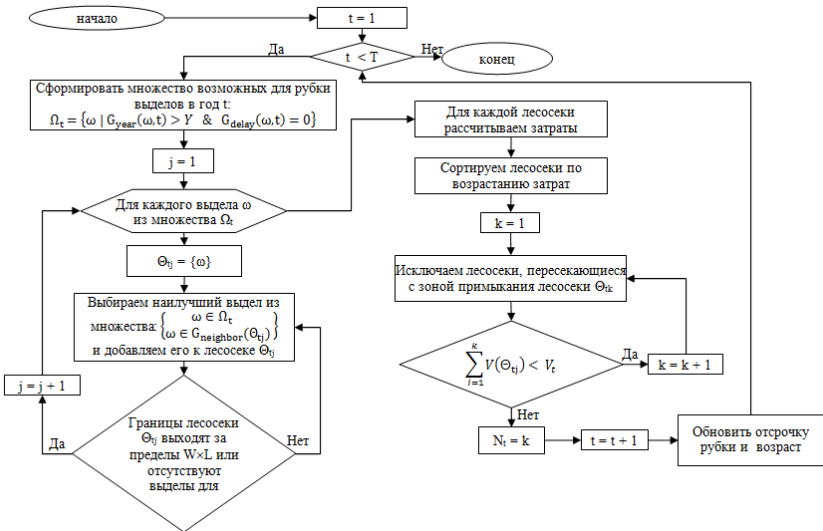


Рис. 1 – Алгоритм решения задачи рационального размещения лесосек на территории лесозаготовительного предприятия

Предлагаемый подход к решению задачи учитывает наиболее важные факторы и дает рекомендации по рациональному освоению лесных ресурсов с учетом лесохозяйственных требований (охране, защите и воспроизводству лесов).

В четвертом разделе произведен анализ нарушений лесохозяйственных требований лесного законодательства. В настоящее время при анализе и выборе технологических процессов лесозаготовок и составлении калькуляции себестоимости продукции не учитываются затраты на компенсацию лесонарушений

(штрафов, неустоек). В то время как эти затраты с учетом судебных расходов могут составлять до 5-10 % от себестоимости.

Основная причина лесонарушений заключается в сложности прогнозирования окончания зимней вывозки, особенно по дорогам сезонного действия. При резком наступлении оттепели лесозаготовители вынуждены преждевременно перебазироваться с зимних делянок. Следовательно, сокращается запланированный срок ведения лесосечных работ в зоне зимнего освоения, что ведет к не выполнению плана по заготовке, к оставлению заготовленной древесины и недорубов, неудовлетворительной очистке лесосек. Возникновение нарушений по превышению допустимой высоты пней при валке деревьев связано в первую очередь с наличием снежного покрова, который затрудняет спиливание дерева на требуемой высоте (согласно договора аренды лесного участка).

Анализ нарушений проведен по центральным лесничествам и по арендаторам лесных участков по Республике Карелия с 2000 по 2014 год. Для проведения исследований Республика Карелия была условно разделена на пять характерных районов по природно-производственным условиям. Для каждого района определены наиболее стабильные предприятия с различными системами машин на лесозаготовительных работах. В общей сложности полевые исследования были проведены на 11 предприятиях, где на лесосеках работали системы машин и оборудования по сортирочной технологии: «харвестер и форвардер», «бензопилы и форвардер», «бензопилы и трактор с тросочерным оборудованием». Было выявлено около 20 различных видов лесонарушений, из которых наиболее часто встречаемыми являются: оставление не вывезенной в срок древесины; оставление в лесу на лето не окоренной древесины; оставление пней выше нормы; оставление недорубов; неудовлетворительная очистка мест рубок от порубочных остатков; уничтожение подроста; уничтожение семенников; самовольная рубка. Структура затрат по основным нарушениям представлена на рис. 2.

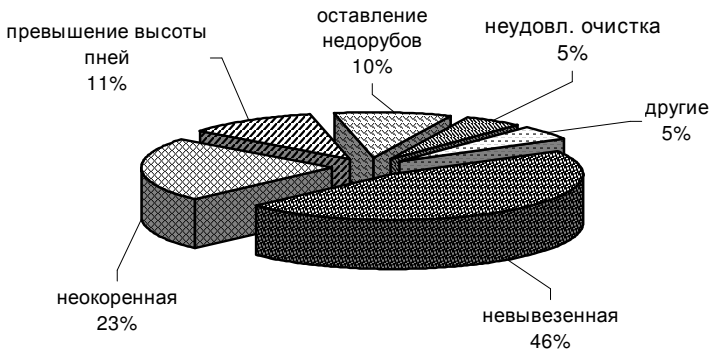


Рис. 2 – Структура затрат по нарушениям в Республике Карелия

Выявлено, что значительная доля затрат приходится на оплату неустоек за не вывезенную и не окоренную в установленный срок древесину, и составляет 60-70 % от всей суммы неустоек. Оценена динамика наиболее распространенных лесонарушений с 2000 – 2014 гг., например, для не вывезенной и не окоренной в установленный срок древесины динамика показана на рис. 3.

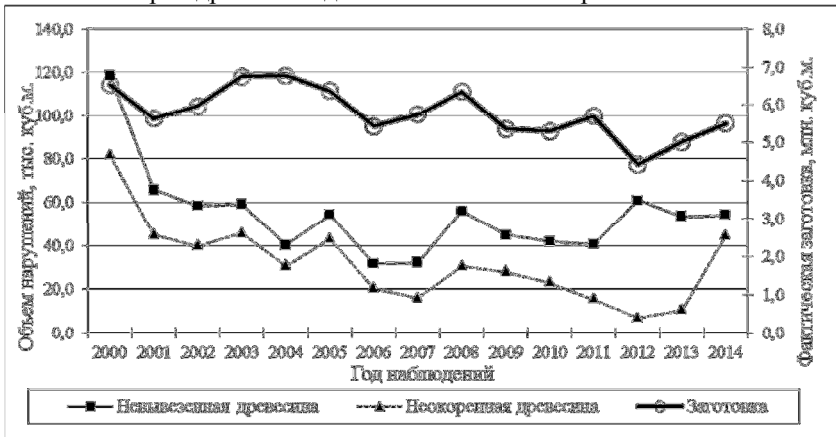


Рис. 3 – Динамика невывезенной и неокоренной древесины и фактической заготовки по Республике Карелия с 2000-2014 гг.

Анализ динамики показывает, что количество и объемы лесонарушений в Республике Карелия уменьшаются. Например, по невывезенной древесине объемы нарушений уменьшились в 2,5 раза по сравнению с 2000 г, в то время как объем заготовки за аналогичный период находился на одном уровне – $5,8 \pm 0,6$ млн. м³. В среднем по Республике Карелия на каждую 1000 м³ заготовленной древесины приходится невывезенной – от 5,9 до 18,1 м³, неокоренной – от 3,8 до 12,5 м³. На 1 га площади заготовки приходится невывезенной от 0,7 до 3,1 м³, неокоренной – от 0,4 до 2,1 м³. Арендатором выплачивается от 5,8 до 11,4 руб. на каждый 1 м³ заготовленной древесины, либо от 0,79 до 1,19 тыс. руб. с 1 га площади заготовки. Полученные результаты анализа использованы в разработанной модели и алгоритме.

В пятом разделе представленная модель и алгоритм размещения лесосек были апробированы на примере лесного участка, арендованного ЗАО «Шуялес» в Виллагорском участковом лесничестве Республики Карелия. Площадь рассматриваемого участка – 14,1 тыс. га., на эксплуатационные леса приходится 11,7 тыс. га (83 %). Покрытая лесом площадь – 11,1 тыс. га (79 % от общей площади), нелесных земель около 11 %. Преобладающими породами являются сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris*), ель европейская (*Picea Abies*), береза повислая (*Betula Pendula*), осина обыкновенная (*Populus Tremula*), состав древостоя

ЗС2Е4Б1Ос+Олс, Бкр, Л, К, Олч. По группам возраста лесной участок включает молодняки (21 %), средневозрастные (46), приспевающие (9%), спелые и перестойные (24 %) насаждения. Возрастная структура не оптимальная, малое количество приспевающих насаждений может привести к дефициту лесных ресурсов в ближайшей перспективе (в течение 20 лет) при полном освоении расчетной лесосеки. Преобладают типы леса черничные (45%), долгомошные (20%), и травяно-злаковые (29%). Расчетная лесосека определена согласно лесоустроительной инструкции методом 2-й возрастной. По материалам лесоустройства 2012 года расчетная лесосека по хвойному хозяйству составляет 15,7 тыс. м³ (из них по ликвидации 13,6 тыс. м³), по лиственному хозяйству 9,6 тыс. м³ (из них по ликвидации 8 тыс. м³).

В первую очередь была сформирована модель квартальной сети лесного участка. Лесной участок для апробации модели состоял из 66 кварталов, 2724 выделов. Средняя площадь квартала – 213 га, выдела – 5,7 га. Для лесного участка была сформирована модель «возможные места сплошных рубок». В модели отражены все выдела, где цветом выделены участки, возможные для сплошных рубок по преобладающей породе. Сосна обозначена оранжевым цветом, ель – фиолетовым, береза – голубым, осина – зеленым. Критериями отнесения выдела под сплошную рубку являлись возраст насаждения в выделе, категория лесов по целевому назначению, лесопатологическое состояние.

Затем проведена дислокация мест рубок, то есть намечены все возможные лесосеки с учетом правил заготовки древесины. Допустимая площадь лесосек под сплошную рубку для данных лесорастительных условий принята 50 га, допустимая ширина – 500 м. Для каждой лесосеки присваивался номер, рассчитывался запас леса по хвойному и лиственному хозяйству и дополнялась база данных (колонка «запас леса»). В итоге, сформирована база данных из 229 лесосек общим объемом около 600 тыс. м³. Среди них необходимо ежегодно выбирать такое количество лесосек (приблизительно от 3 до 10), суммарный объем заготовки, на которых не превышал бы расчетной лесосеки (для данных условий – 15,7 тыс. м³).

Была намечена сеть дорог. Направление вывозки задано в сторону населенного пункта Чална, где организована лесная биржа. Для работы использованы существующие материалы предприятия по сети дорог и космоснимки. Для рассматриваемого участка выбрана транспортная сеть, включающая две дороги общего пользования и 7 веток. К первой дороге общего пользования протяженностью 26 км примыкают 5 веток с 4 ответвлениями общей протяженностью порядка 30 км. Ко второй дороге протяженностью 26,3 км примыкают 2 ветки с двумя ответвлениями общей протяженностью порядка 25 км.

К центру каждой лесосеки подводится лесовозный ус по наименьшему расстоянию до ближайшей ветки или к центру ближайшей лесосеке, к которой уже доведен ус. Если ветка проходит сквозь лесосеку или примыкает к ее границе, то

ус не проводится. Затем формируется база с протяженностью вывозки от каждой лесосеки до лесной биржи по всем видам дорог.

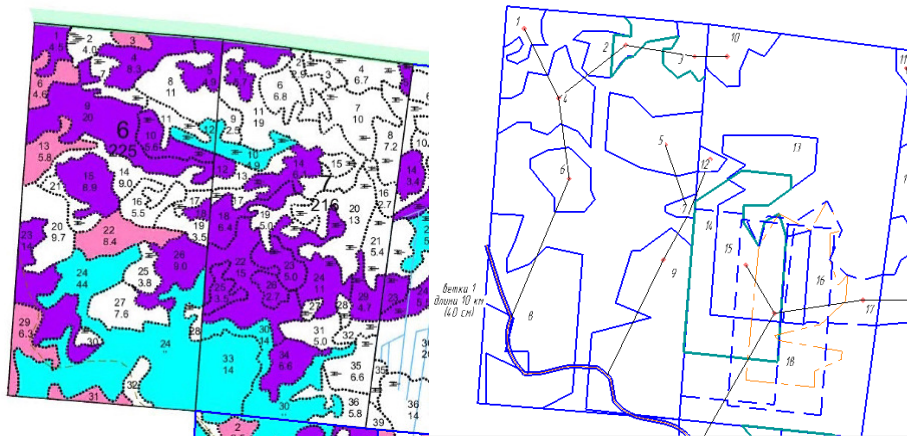


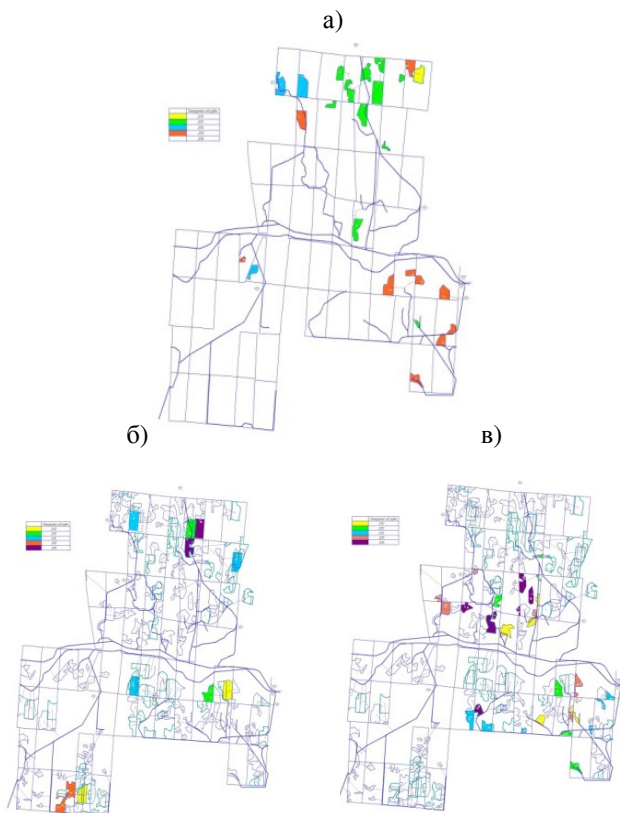
Рис. 4 – Формирование сети дорог а) общий фрагмент для 6 и 7 квартала б) модель сети дорог с лесосеками

Для каждой лесосеки был проведен расчет затрат в соответствии с представленным алгоритмом. В состав затрат включены технологические операции по отводу и таксации лесосек (установка деелячных столбов, промер визиров, закладка пробной площади, пересчет деревьев). Для расчета затрат на лесосечные работы была выбрана сортиментная технология с применением системы машин харвестер (John Deere 1270D) и форвардер (John Deere 1110D).

В результате проведенной работы получена модель лесного участка, состоящая из карты и базы данных. Модель карты лесного участка включает квартальную сеть, возможные выдел для сплошной рубки, намеченные лесосеки, лесосеки прошлых лет, сеть существующих дорог, планируемое направление вывозки по усам. База данных содержит следующую информацию по каждой лесосеке: расположение лесосеки (квартал, выдел); площадь лесосеки; запас леса по хвойному и лиственному хозяйству; протяженность вывозки по дорогам общего пользования, веткам, лесовозным усам; минимальную протяженность участка лесовозного уса для его строительства, затраты на освоение каждой лесосеки.

Модель была апробирована по двум критериям: прибыль и удельные затраты на 1 м^3 заготовленной древесины хвойных пород. В первую очередь подбор оптимальных лесосек осуществлялся по удельным затратам на 1 м^3 заготовленной древесины хвойных пород. Сроки примыкания для рассматриваемых лесораст-

тельных условий составляют 6 и 4 лет соответственно по хвойному и лиственному хозяйству. Правила заготовки древесины позволяют снизить сроки до двух лет при условии выполнения искусственного лесовосстановления после рубки, что было использовано в модели. Если границы примыкания выбранной лесосеки (выдела) попадают на вырубку прошлых лет (2 года), то лесосека (выдел) либо не рассматривается, либо режется таким образом, чтобы учитывать требования по срокам примыкания. Итоговые карты по фактическому расположению лесосек и по модели представлены на рис 6.



*Рис. 5 – Размещение лесосек под сплошную рубку за 2012-2016 гг.
 а) фактическое по данным компании ЗАО «Шуялес» б) по модели (критерий прибыль) в) по модели (критерий удельные затраты на 1 м³ вывозки древесины хвойных пород)*

Табл. 1 – Техничко-экономическое сравнение вариантов

Показатель		Факт	План 1 (критерий прибыль)	План 2 (критерий затраты)
1		2	3	4
Набор по годам: квартал (де-лянка)	2012	10 (34)	89 (128); 63 (132)	33 (84); 46 (104); 47 (106), 77 (174); 75 (168); 33 (83); 76 (169).
	2013	8 (20); 9 (25); 10 (26); 10 (27); 10 (29); 11 (б/н); 19 (б/н); 21 (49); 22 (б/н); 47 (107); 77 (174).	10 (31); 62 (130);	63 (133); 31 (77); 84 (192); 76 (172); 21 (53); 33 (81).
	2014	6 (8); 7 (15); 56 (116)	7 (15); 23 (62); 58 (121)	71 (146); 72 (150); 65 (136); 78 (177); 77 (176); 74 (164)
	2015	12 (33); 18 (38); 55 (113); 62 (130); 63 (132); 64 (134); 65 (135); 78 (б/н); 78 (180); 84 (192).	88 (212); 88 (211)	43 (96); 64 (134); 33 (85); 28 (67); 30 (71); 73 (152).
	2016		10 (29); 21 (50); 75 (166)	45 (101); 33 (80); 33 (82); 44 (98); 72 (149); 32 (79).
Площадь лесосек, га		524,4	482,8	411,9
Заготовка за период, м ³		63033	85774	78239
Ежегодная заготовка, м ³		12606,6	17154,8	15647,8
Общие затраты, млн. руб.		46,2	56,5	42
Прибыль, млн. руб.		79,4	99	91,1
Удельные затраты, руб./м ³		732,9	658,7	536,8

Результаты расчетов показали, что представленный алгоритм и математическая модель по рациональному размещению лесосек позволяют сократить производственные затраты на 10-12 %.

Предлагаемые методика и модель позволяют повысить эффективность лесозаготовительного производства и найти наиболее оптимальный план освоения лесных ресурсов арендованной территории с учетом требований современного

лесного законодательства, в том числе в области охраны, защиты и воспроизводства лесов.

Основные выводы и рекомендации

1. Результаты экспертной оценки показали, что наиболее значимыми факторами в выборе местоположения лесосек являются расстояние вывозки, наличие и состояние дорожной сети, таксационные характеристики древостоя. Более 50% экспертов также указали в качестве важного фактора затраты на лесохозяйственные мероприятия, необходимые для выполнения в период разработки лесосеки и ее последующего возобновления.

2. Предлагаемые модель и алгоритм формирования лесосек позволяют подобрать рациональное расположение лесосек и порядок их разработки для заданного лесного участка.

3. Представленные методика, математическая модель и алгоритм рационального размещения лесосек позволяют сократить производственные затраты на 10-12 %.

4. При технологической подготовке лесозаготовительного производства необходимо учитывать затраты на лесохозяйственные мероприятия и закладывать потенциальные затраты за лесонарушения, влияющие на дальнейшую охрану, защиту и воспроизводство лесов, в себестоимость продукции.

5. Основными причинами лесонарушений являются сезонность лесозаготовок, проблема реализации невостребованной на рынке продукции и человеческий фактор.

6. Основными нарушениями являются оставление не вывезенной в срок древесины; оставление в лесу на летний период не окоренной древесины (60-70 % от всей суммы неустоек).

7. В среднем по Республике Карелия на каждую 1000 м³ заготовленной древесины приходится невывезенной – от 5,9 до 18,1 м³, неокоренной – от 3,8 до 12,5 м³. На 1 га площади заготовки приходится невывезенной древесины от 0,7 до 3,1 м³, неокоренной – от 0,4 до 2,1 м³. Арендатором выплачивается от 5,8 до 11,4 руб. на каждый 1 м³ заготовленной древесины, либо от 0,79 до 1,19 тыс. руб. с 1 га площади заготовки.

8. Рекомендуется пересматривать требования договоров аренды лесных участков по таким нарушениям как оставление недорубов и завышенных пней.

9. Результаты работы планируется тиражировать для выполнения технологической подготовки лесозаготовительного производства как в Республике Карелия, так и в других регионах Российской Федерации.

**Основное содержание диссертации изложено
в следующих опубликованных работах**

В изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ

1. Корнилов, К. А. Оценка влияния технологий лесозаготовок на лесную среду с учетом сезонности ведения работ / К.А. Корнилов, В.М. Лукашевич // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2009. – № 186. – С. 78-84. (степень авторского участия 50 %);
2. Корнилов, К. А. Состояние FSC сертификации в Республике Карелия / К.А. Корнилов, И.Р. Шегельман, В.М. Лукашевич // Перспективы науки. – 2011. – № 8(23). – С. 130-132. (степень авторского участия 35 %);
3. Корнилов, К. А. О взаимосвязи подготовительных и основных работ на лесозаготовках / К.А. Корнилов, В.М. Лукашевич// Инженерный Вестник Дона. – 2012. – Т. 23. – № 4-2. – С. 61. (степень авторского участия 50 %)
4. Корнилов, К. А. Математическая модель распределения лесосек в условиях территориальной распределенности потребителей древесной продукции / К.А. Корнилов, А.М. Крупко, Н.С. Крупко // Инженерный Вестник Дона. – 2014. – Т. 28. – № 1. – С. 18. (степень авторского участия 33 %).

Учебное пособие

5. Основы подготовки лесосечных работ / И. Р. Шегельман, В. М. Лукашевич, К. А. Корнилов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – 44 с. (степень авторского участия 35 %)

Статьи, материалы и тезисы конференций

6. Корнилов, К. А. Использование современных компьютерных технологий в изучении природно-производственных условий организации и оценки качества проведения лесозаготовительных работ / К.А. Корнилов, Л.В. Щеголева, В.М. Лукашевич, П.О. Щукин // Ученые записки Петрозаводского государственного университета: Естественные и технические науки. – 2008. – Т. 1. – С. 120-123.
7. Корнилов, К. А. Алгоритм формирования комплектов лесосечных и лесотранспортных машин с учетом сезонности и оценки мест рубок / К.А. Корнилов, В.М. Лукашевич, Л.В. Щеголева, П.О. Щукин // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. – 2008. – Вып. 7. – С. 60-61.
8. Корнилов, К. А. Анализ состояния вырубков в Республике Карелия / К.А. Корнилов, В.М. Лукашевич // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы межд. науч.-техн. конф. – 2008. – С. 45-47.
9. Корнилов, К. А. О взаимосвязи сезонности лесозаготовительных работ и оценке мест вырубков / К.А. Корнилов, В.М. Лукашевич // IX международная

молодежная научная конференция Севергеозкотех-2008: материалы конференции: в 3 ч. – 2008. – Ч. 1. – С. 197-198.

10. Корнилов, К. А. Влияние окружающей среды на технологию лесозаготовительных работ / К.А. Корнилов // Рациональное природопользование и перспективы устойчивого развития лесного сектора экономики: тезисы докладов юб. конф. посвящ. 10-летию начала лесного образования в НовГУ имени Ярослава мудрого. – 2008. – С. 41-43.

11. Корнилов, К. А. Влияние подготовительных работ на эффективность лесозаготовок / К.А. Корнилов, В.М. Лукашевич // Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления: материалы всеросс. науч. конф. с международным участием. – 2009. – С. 69-70.

12. Корнилов, К. А. Оценка качества проведения лесозаготовительных работ / К.А. Корнилов, В. М. Лукашевич // X международная молодежная научная конференция Севергеозкотех-2009: материалы конференции: в 4 ч. – 2009. – Ч.2. – С. 364-366.

13. Корнилов, К. А. К совершенствованию подготовительных работ лесозаготовительного производства / К.А. Корнилов, В. М. Лукашевич // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы межд. науч.-техн. конф. – 2010. – С. 41-42.

14. Корнилов, К. А. Выбор критерия оценки оптимального размещения лесосек на арендованной территории предприятия / К. А. Корнилов // Развитие производительных сил Республики Карелия: материалы респ. науч.-практ. конф. – 2010. – С. 27-28.

15. Корнилов, К. А. Дислокация мест рубок / К.А. Корнилов // Опыт лесопользования в условиях Северо-Запада Российской Федерации и Финноскандии: материалы межд. науч.-техн. конф., посвященной 60-летию лесинженерного факультета ПетрГУ. – 2011. – С. 20-21.

16. Корнилов, К. А., Лукашевич В. М. О состоянии лесосек после проведения лесозаготовительных работ / К.А. Корнилов, В.М. Лукашевич // Опыт лесопользования в условиях Северо-Запада Российской Федерации и Финноскандии: материалы межд. науч.-техн. конф., посвященной 60-летию лесинженерного факультета ПетрГУ. – 2011. – С. 24-25.

17. Корнилов, К. А. Формирование плана размещения лесосек и последовательность его освоения / К.А. Корнилов // Законодательное обеспечение устойчивого использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, сохранения биоразнообразия, охраны природных территорий и развития экотуризма: материалы юбилейной конференции, посвященной 1150-летию российской государственности. – 2011. – С. 27-29.

18. Корнилов, К. А. О нахождении оптимального размещения мест рубок / К.А. Корнилов // XII международная молодежная научная конференция Севергеозкотех-2011: материалы конференции: в 5 ч. – 2011. – Ч.5. – С. 214-217.

19. Корнилов, К.А. Надзор и контроль в области использования и охраны лесов в Республике Карелия / К.А. Корнилов, В.М. Лукашевич // Актуальные проблемы использования и охраны лесов: сборник статей. – 2013. – С. 30-32.

20. Корнилов, К.А. Особенности надзора и контроля в области использования и охраны лесов в Республике Карелия / К.А. Корнилов, В.М. Лукашевич В.М. // Правовые проблемы использования и охраны лесов и повышение лесного потенциала России: сб. ст. межд. науч.-практ. конф. – 2013. – С. 88-91.

21. Корнилов, К. А. Вопросы оптимизации размещения лесосек на арендованных площадях / К.А. Корнилов // Проблемно-ориентированные исследования процессов инновационного развития региона: материалы всеросс. науч.-практ. конф. – 2013. – С. 32.

22. Корнилов, К. А. Направления совершенствования мониторинга за использованием и воспроизводством леса на территориально-распределенных лесных / К.А. Корнилов, И. Р. Шегельман, В.М. Лукашевич, П.О. Щукин // Проблемно-ориентированные исследования: теория и практика : материалы респ. науч.-практ. конф. – 2014. С. 17-20.

23. Корнилов, К. А. К вопросу поиска оптимального плана размещения лесосек / К.А. Корнилов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: материалы межд. науч.-техн. конф. – 2014. – Т. 1. – № 5-3. (10-3). – С. 131-135.

24. Корнилов, К. А. Оценка нарушений при лесозаготовительном производстве / К.А. Корнилов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: материалы межд. науч.-техн. конф. – 2015. – Т. 3. – № 8-2 (19-2). – С. 232-235.

25. Корнилов, К. А. Актуальные проблемы совершенствования лесопользования / К.А. Корнилов // Инновации в промышленности и социальной сфере: материалы 2-ой респ. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию Петрозаводского государственного университета. – 2015. – С. 25-26.

26. Корнилов, К. А. Алгоритм размещения лесосек на заданный период / К.А. Корнилов, Л.В. Щеголева // Ресурсы и инвестиционная привлекательность приграничного региона: материалы респ. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 37-38.

27. Корнилов К.А. Постановка задачи оптимального размещения лесосек и алгоритм ее решения / К.А. Корнилов, В.М. Лукашевич, Л.В. Щеголева // Электронный мультидисциплинарный научный журнал «Интернетнаука». – 2016. – № 6. – С.10-16.

Подписано в печать XX.02.2017. Формат 60×84 1/16

Бумага газетная. Уч.-изд. л. 1.

Тираж 100 экз. Изд. № 117.

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Отпечатано в типографии Издательства ПетрГУ

185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33