

Лесозаготовки и логистика в России – в фокусе научные исследования и бизнес-возможности

Заключительный отчет исследовательского проекта

Вадим Гольцев, Тимо Толонен, Владимир Сюнёв, Бу Далин,
Юрий Герасимов и Сари Карвинен (ред.)

В серии «Рабочие записки Научно-исследовательского института леса Финляндии» публикуются предварительные результаты исследований, доклады, тезисы конференций и т.д.

Публикуемые материалы не проходят независимое рецензирование.

Серию публикаций можно посмотреть в формате pdf на сайте НИИ леса Финляндии:
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>
ISSN 1795-150X

Офис

Post Box 18
FI-01301 Vantaa, Finland
tel. +358 10 2111
fax +358 10 211 2101
e-mail julkaisutoimitus@metla.fi

Издатель

НИИ леса Финляндии Metla
Post Box 18
FI-01301 Vantaa, Finland
tel. +358 10 2111
fax +358 10 211 2101
e-mail info@metla.fi
<http://www.metla.fi/>

Перевод с английского Вадим Гольцев

Авторы Гольцев, Вадим, Толонен, Тимо, Сюнёв, Владимир, Далин, Бу, Герасимов, Юрий и Карвинен, Сари (ред.)			
Название Лесозаготовки и логистика в России – в фокусе научные исследования и бизнес-возможности			
Год 2012	Страниц 159	ISBN 978-951-40-2348-4 (PDF) 978-951-40-2349-1 (в переплете)	ISSN 1795-150X
Подразделение / Научная программа / Проекты Научное подразделение Йоэнсуу / 7337 Лесозаготовки и логистика в России – в фокусе научные исследования и бизнес-возможности			
Одобрено Карьялайнен, Тимо, профессор, 18 января 2012 г.			
Реферат Российская Федерация (РФ) – не только одна из основных стран-торговых партнеров Финляндии, но и операционная среда для множества финских компаний, особенно в лесном секторе. Так как лесной сектор РФ находится в условиях постоянных изменений, то это приводит как к дополнительным проблемам, так и возможностям для бизнеса. Основной целью международного проекта ”Лесозаготовка и логистика в России” было развитие и поддержание бизнес-возможностей и конкурентоспособности финских лесопромышленных компаний, а также исследований на развивающемся рынке России. Новые исследовательские методы и подходы были разработаны и применены для поддержания бизнес-операций. Возможности улучшения были выявлены в лесозаготовительных и логистических операциях в условиях Северо-Запада России. На основе обширных полевых и теоретических исследований в тесном сотрудничестве с участвующими в проекте лесозаготовительными компаниями, был разработан набор инструментов, моделей и рекомендаций, помогающий реализовать найденные возможности на практике. Полевые исследования показали, что в большинстве компаний Северо-Запада России производительность харвестеров в среднем – 10,7 м ³ /PMН, и имеется резерв ее повышения до 18,0 м ³ /PMН. Используя рекомендации проекта по обслуживанию харвестерных головок, качество обработки стволов улучшается: доля брака в общем количестве сортиментов уменьшилась на 4-6%. Разработанная и протестированная на практике система поддержки принятия решений для оптимизации лесозаготовительных планов и логистики древесины показала кратко- и среднесрочные позитивные экономические результаты. Число рейсов сортиментовозов было снижено на 22%, и коэффициент использования парка машин увеличился до 0,89. Положительный логистический эффект может быть усилен грамотным планированием и строительством лесных дорог. Инвестиции в строительство лесных дорог могут быть экономически выгодны в российских условиях. Исследования выявили различия в условиях труда и влиянии на экосреду широко используемых на Северо-Западе России лесосечных машин и их систем, что помогает в обосновании их выбора. Результаты проекта находятся в открытом доступе в Интернете и широко распространены. Их использование на практике компаниями-участниками направлено на увеличение производительности лесозаготовительных операций, улучшение условий труда и снижение вреда окружающей среде. Результаты проекта стимулируют заготовку и использование топливной древесины в России, тем самым снижая объемы выбросов парниковых газов.			
Ключевые слова лесозаготовки, энергетическая древесина, адаптация технологий, логистика, планирование дорог, строительство дорог			
Электронная версия http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp221.htm			
Контактная информация Юрий Герасимов, Finnish Forest Research Institute, P.O. Box 68 FI-80101, Joensuu, Finland. Адрес электронной почты: yuri.gerasimov@metla.fi			
Другая информация Версия отчета на английском языке: http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp210.pdf			

Список авторов в алфавитном порядке

- Глава 1 Герасимов, Ю. и Гольцев, В.
- Глава 2 Раздел 2.1 Герасимов, Ю., Гольцев, В., Карвинен, С. и Лейнонен, Т.
Раздел 2.2 Копонен, М. и Толонен, Т.
Раздел 2.3 Ютила, Л., Карвинен, С., Лейнонен, Т., Толонен, Т. и Вяльккю, Э.
Раздел 2.4 Герасимов, Ю.
- Глава 3 Раздел 3.1 Герасимов, Ю., Гольцев, В., Сенькин, В. Суханов, Ю., Толонен, Т., Тришкин, М. и Вятяйнен, К.
Раздел 3.2 Герасимов, Ю. и Соколов, А.
Раздел 3.3 Герасимов, Ю. и Катаров, В.
Раздел 3.4 Герасимов, Ю., Селиверстов, А., Соколов, А. и Сюнёв, В.
Раздел 3.5 Селиверстов, А.
- Глава 4 Раздел 4.1 Герасимов, Ю., Соколов, А. и Сюнёв, В.
Раздел 4.2 Герасимов, Ю., Соколов, А.
- Глава 5 Далин, Б., Хавимо, М., Лопатин, Е. и Мёнккёнен, П.
- Глава 6 Раздел 6.1 Толонен, Т.
Раздел 6.2 Герасимов, Ю. и Гольцев, В.
Раздел 6.3 Соколов, А.

Участники проекта



Содержание

1 Введение	9
1.1 Значимость Российской Федерации для лесного сектора Финляндии.....	9
1.2 Лесозаготовки и транспортировка древесины в России.....	9
1.3 Цели проекта.....	11
1.4 Участники.....	11
1.5 Выполнение проекта	12
1.6 Результаты проекта.....	12
2 Текущее состояние лесного сектора Северо-Запада России	13
2.1 Российско-финская торговля лесоматериалами.....	14
2.2 Рынок лесных машин на Северо-Западе России	24
2.3 Ресурсы энергетической древесины Северо-Запада России и стоимость ее поставки к российско-финляндской границе.....	27
3 Заготовка деловой и энергетической древесины.....	37
3.1 Производительность и затраты	37
3.1.1 Производительность харвестеров в ходе сплошных рубок на севере Европейской части России	37
3.1.2 Система оценки экономической эффективности цепочки поставки топливной щепы	46
3.1.3 Эффективность международной транспортировки топливной щепы.....	54
3.2 Эргономика.....	70
3.3 Лесная экосреда	80
3.3.1 Влияние форвардеров на лесные почво-грунты.....	80
3.3.2 Влияние сбора лесосечных отходов на лесную экосистему	87
3.4 Качество и потери древесины	90
3.4.1 Потери деловой древесины, обусловленные применяемыми в России лесозаготовительными системами.....	90
3.4.2 Улучшение качества обработки стволов харвестерными головками	98
3.5 Рекомендации по адаптации лесных машин к условиям Северо-Запада России	103
4 Логистика и инфраструктура деловой и энергетической древесины	107
4.1 Текущее положение	107
4.2 Оптимизация лесозаготовок и логистики	108
4.2.1 Оптимизация логистики заготовленной древесины	109
4.2.2 Оптимизация лесозаготовительных планов	118

5 Лесные дороги.....	123
5.1 Введение	123
5.1.1 Предпосылки	123
5.1.2 Российские условия	124
5.1.3 Опытная территория	125
5.1.4 Сбор данных	126
5.1.5 Планирование	126
5.1.6 Цели	126
5.2 Оптимальная плотность дорожной сети	127
5.3 Сбор данных для операционного планирования дорог	128
5.3.1 Введение.....	128
5.3.2 Данные и методы.....	129
5.3.3 Результаты и обсуждение	131
5.4 Система планирования дорожной сети	133
5.4.1 Введение.....	133
5.4.2 Данные и методы.....	133
5.4.2.1 Система планирования	133
5.4.2.2 Почвы и гидрология.....	135
5.4.2.3 Функции затрат	136
5.4.2.4 Сценарии лесохозяйственной стратегии	137
5.4.2.5 Планирование лесозаготовок и строительства дорог	138
5.4.3 Результаты и обсуждение	138
5.5 Обсуждение и выводы.....	142
6 Возможности для бизнеса, связанные с лесозаготовками и транспортировкой древесины на Северо-Западе России	144
6.1 Российско-финская торговля лесоматериалами.....	144
6.2 Поставки деловой и энергетической древесины	146
6.3 Лесная инфраструктура и транспорт	153
Приложение 1	156

1 Введение

1.1 Значимость Российской Федерации для лесного сектора Финляндии

Российская Федерация – одна из основных стран-торговых партнеров Финляндии. В 2008 году торговый оборот между странами составил 17,7 миллиардов евро или 13% от общего объема международной торговли Финляндии (Metla 2010). Россия была особенно важна для лесного сектора Финляндии. Большая часть (66% общего объема или 11,8 млн м³) круглых лесоматериалов, импортированных Финляндией в 2007, была закуплена в России. С введением Россией в 2007 году экспортных пошлин на круглые лесоматериалы, их экспорт в Финляндию сократился в течение последующих лет. В 2010 году Финляндия импортировала в общем 11,7 млн м³ круглых лесоматериалов, при этом доля российской древесины сократилась (Metla 2011) до 58% (6,9 млн м³). Несмотря на это, Россия, без сомнения, остается очень важной страной для финских лесопромышленников, являясь операционной средой для увеличивающегося числа компаний и растущим рынком, особенно для производителей лесозаготовительного оборудования. Для удержания позиций на рынке и получения новых бизнес возможностей компании должны хорошо понимать текущую ситуацию, возможные сценарии развития российского лесопромышленного комплекса и его специфические условия, отличающиеся от условий Финляндии.

Финские лесопромышленные компании испытывают недостаток знаний и опыта ведения лесозаготовительной деятельности в лесах, не пройденных рубками ухода и с преобладанием лиственных пород, которые широко распространены на Северо-Западе России и редки в Финляндии. В этом случае требуются знания об условиях эксплуатации лесозаготовительных машин, их производительности, методах проведения лесозаготовок.

Знание путей развития лесозаготовок и транспортировки древесины в России очень важно для финских компаний, так как многие из них работают в этих секторах в России. Более того, финским исследовательским организациям и производителям технологий и оборудования безотлагательно требуются такие знания, которые позволят оставаться конкурентоспособными, и предоставлять качественные ответы на возникающие вызовы. Такие же выводы содержатся в отчете Sitra (Ollus and Torvalds 2005), где говорится, что исследования в России должны быть направлены в первую очередь на решение прикладных задач, особенно на поддержку финского бизнеса и предпринимательства в России. Это срочно требует привлечения соответствующих ресурсов для исследовательской работы и развития технологий, так как лесное хозяйство России быстро развивается.

1.2 Лесозаготовки и транспортировка древесины в России

В России лесозаготовки осуществляются, в основном, тремя методами: деревьями, хлыстами и сортиментами (Karvinen et al. 2006). И хотя нехватка специализированного оборудования мешает увеличению доли сортиментной заготовки, этот метод становится в России все более популярным, так как он, например, лучше подходит для рубок ухода, имеет лучшую эффективность и оказывает меньше влияния на окружающую среду. Доля сортиментного метода в 2009 году достигла 93% от общего объема лесозаготовок в Республике Карелия (МЛК РК 2010), тогда как в целом по стране его доля составляет приблизительно 30%.

Большинство машин, используемых для заготовки леса деревьями или хлыстами, производится на территории России. Машины, производимые в России для сортиментного метода заготовки, уступают по качеству западному оборудованию и поэтому их производство незначительно. Как результат, большие лесозаготовительные компании и лесопромышленные

корпорации начинают закупать все больше западной лесозаготовительной техники, предназначенной для заготовки древесины деревьями и сортиментами.

Способы транспортировки древесины зависят от применяемых лесозаготовительных методов. Заготовленная древесина может поставляться потребителю напрямую с лесосеки или через нижний склад (Karvinen et al. 2006). В настоящее время железнодорожный транспорт является основным средством перевозки древесины с ежегодно растущими объемами перевозок. Кроме того, средняя дистанция транспортировки леса увеличивается. Однако, существуют некоторые проблемы, например, с наличием достаточного количества грузовых вагонов. Поэтому некоторые компании покупают вагоны в собственность или основывают дочерние транспортные компании.

Лесовозы используются для транспортировки небольших объемов древесины на короткие и средние дистанции (<140 км). По сравнению с другими видами транспорта перевозка автомобилями дороже из-за небольшой полезной нагрузки и плохого состояния дорожной сети. Использование лесовозов для транспортировки древесины на большие расстояния уменьшается, и они привлекаются, только если невозможно использовать другие виды транспорта. Применяются лесовозы как произведенные в России, так и импортные. Также древесина транспортируется по внутренним водным путям на кораблях или в плотках. Объем водной транспортировки древесины снижается, главным образом, за счет уменьшения сплава древесины в плотках.

Типичная лесозаготовительная компания – это небольшое по размерам оборота предприятие. В течение последних лет прибыльность лесозаготовок была низкой. Выручка лесозаготовительных компаний снижается, так как растет попенная плата и стоимость топлива, энергии.

Новое лесное законодательство в России нацелено на интенсификацию лесопользования по примеру стран северной Европы. На арендатора возлагается больше ответственности, связанной с управлением арендованными лесами, что увеличивает затраты, но также представляет больше возможностей для контроля результатов и способствует успеху предпринятых действий. Лесозаготовительные компании из стран северной Европы привыкли к такому роду ответственности, но для многих российских компаний такие изменения создают новые вызовы успешности их деятельности. В случае, когда деятельность лесозаготовительных компаний должна соответствовать растущей ответственности, повышаются требования к безопасности и производительности труда, появляется необходимость внедрения современных технологий, что в свою очередь еще увеличивает и без того большой спрос на инвестиции. Такая ситуация означает, что вся цепочка поставки древесины от заготовки и до транспортировки потребителю должна эффективно планироваться и функционировать. Основной проблемой в лесозаготовках является плохое состояние дорожной сети и в частности нехватка всесезонных дорог. Это было особенно заметно в последние годы с теплыми зимами, которые вызвали значительные сложности с поставкой древесины.

Причины, по которым ежегодный объем лесозаготовок остается сравнительно низким, включают недостаточное проведение рубок ухода, а также устаревшие технологии и оборудование, используемые лесозаготовительными компаниями. Только лесозаготовительные компании, принадлежащие большим лесопромышленным корпорациям, могут позволить себе внедрение новых технологий. Более того, существуют сложности с привлечением образованных и мотивированных работников, так как низкая заработная плата и физически тяжелый труд снижают привлекательность работы в лесозаготовительных компаниях. Также довольно часто при лесозаготовках и вывозке древесины случаются различные происшествия. Целенаправленное образование, практическое обучение и повышенное внимание к безопасности труда и использованию современных технологий улучшили бы ситуацию.

Одновременно могло быть снижено негативное влияние лесозаготовок на окружающую среду.

Проведенный анализ работы лесозаготовительных компаний в Республике Карелия показал, что крупные компании находятся в лучшем положении в аспекте решения возникающих перед лесозаготовительной отраслью проблем и вызовов (Gerasimov et al. 2005). Тем не менее, традиционные методы лесозаготовок будут использоваться в будущем и могут быть поддержаны эффективным западным оборудованием. Себестоимость лесозаготовок в России высока и иногда превышает себестоимость заготовки леса в Финляндии из-за низкой производительности труда в компаниях, использующих традиционное российское оборудование. Анализ также показал, что проведение коммерческих рубок ухода и использование сортиментного метода лесозаготовок может увеличить доступность древесины для рынка. Также осторожная модернизация и введение новых методов и технологий сможет повысить привлекательность работы в лесу и помочь привлечь мотивированных и опытных работников в компании.

Заготовка топливной древесины в России станет в ближайшие годы одним из активно развивающихся направлений. В российских лесах сосредоточено большое количество биомассы, подходящей для энергетических целей (Gerasimov et al. 2011), однако, в настоящее время субсидированные цены на природный газ и нефть делают топливную древесину неконкурентоспособным источником энергии. В то же время с развитием методов заготовки топливной древесины и изменениями на рынке становится вероятным повышение спроса на этот вид топлива. В этой связи в последующие годы будет расти необходимость в развитии устойчивых методов заготовки и поставки топливной древесины, а также будет увеличиваться рынок технологий заготовки топливной древесины.

1.3 Цели проекта

Основной целью этого проекта было развитие и поддержание бизнес-возможностей и конкурентоспособности финских лесопромышленных компаний, а также исследований на развивающемся рынке России через международное сотрудничество.

Отдельной целью проекта была разработка и применение новых исследовательских методов и подходов для улучшения понимания в Финляндии лесозаготовительных технологий, биоэнергетики и логистики на Северо-Западе России.

Финские организации и компании могут получить выгоду от результатов проекта при развитии бизнес-операций в России и адаптации лесных технологий для российских условий. В связи с этим проект должен был предоставить знания о возможностях дальнейшего развития технологий заготовки деловой и топливной древесины, транспортировки и логистики, т.е. что может быть использовано, какой потенциал, какие специфические требования предъявляются к технологиям, подходящим к российским условиям, в особенности, к условиям лесов, не пройденных рубками ухода и с преобладанием лиственных пород, о которых наши знания недостаточны.

Дополнительной целью проекта была интенсификация существующего сотрудничества между Финляндией, Россией и Швецией в исследованиях, связанных с лесозаготовками и транспортными операциями.

1.4 Участники

Консорциум проекта был сформирован исследовательскими, бизнес и финансовыми организациями. Финское агентство по технологиям и инновациям обеспечило 85% бюджета проекта через Европейский фонд регионального развития. Научно-исследовательский институт леса

Финляндии (Metla) отвечал за общую координацию проекта и совместно с университетом г. Хельсинки (УН), Петрозаводским государственным университетом (ПетрГУ), Шведским университетом сельскохозяйственных наук (SLU) и Санкт-Петербургским государственным лесотехническим университетом (СПБГЛТУ) выполнял исследовательские работы в рамках проекта. Компании Стора Энсо, Джон Дир, ЮПМ-Кюммене, Метсялиitto, Понссе, Кесла, Мантсинен и Сису Ауто предоставили оставшиеся 15% бюджета проекта и обеспечили необходимые данные и поддержку полевых исследований.

1.5 Выполнение проекта

Проект начался в ноябре 2008 и продолжался 3 года. Проект включал в себя 3 целевых направления исследований. Metla координировал исследования связанных с заготовкой деловой и энергетической древесины на Северо-Западе России. УН отвечал за исследования по транспортировке древесины и логистике на Северо-Западе России.

В ходе выполнения проекта особое внимание уделялось практическому значению всех получаемых результатов. Так как компании, участвующие в проекте, были основными получателями выгоды от проведения проекта, все исследования и ноу-хау проводились и разрабатывались в тесном сотрудничестве с этими компаниями. Большинство полученных результатов и разработанных ноу-хау были протестированы на практике с использованием фактических данных, предоставленных компаниями. Если возникала необходимость, результаты и продукты улучшались в соответствии с рекомендациями компаний.

1.6 Результаты проекта

Проект был спланирован таким образом, чтобы обеспечить доступность актуальной информации о лесном секторе Северо-Запада России и предложить решения, которые смогут на практике способствовать росту конкурентоспособности финских компаний на российском рынке.

В ходе выполнения проекта были получены следующие результаты:

- Рекомендации по адаптации финских лесных машин к особым условиям России
- Научные статьи, описывающие методы повышения эффективности заготовки и транспортировки древесины
- Отчеты, содержащие информацию о фактическом состоянии и будущем развитии российского лесного сектора
- Отчеты по производительности финских лесных машин в особых условиях России
- Рекомендации по расчету себестоимости лесозаготовительных операций, строительству лесных дорог и выбору цепочек поставки древесины, подходящих к российским условиям

В рамках проекта в тесном сотрудничестве с участвующими компаниями был разработан набор инструментов и моделей:

- Калькуляторы себестоимости заготовки и транспортировки древесины
- Экономически эффективные модели заготовки деловой и энергетической древесины в условиях России с использованием лесозаготовительных технологий, разработанных в странах северной Европы
- Инструменты для оптимизации лесозаготовительных планов и транспортных цепочек
- Система планирования лесных дорог

Использование результатов проекта на практике компаниями-участниками сможет увеличить производительность лесозаготовительных операций, улучшить безопасность труда

и снизить вред для окружающей среды. Результаты проекта могут увеличить заготовку и использование энергетической древесины в России, что может снизить объемы выбросов парниковых газов.

Результаты проекта находятся в открытом доступе в интернете (www.idanmetsatieto.info) и широко распространены через публикации, семинары и научные конференции, что обеспечивает свободный и легкий доступ к ним.

Литература

- МЛК РК. 2010. Доли лесозаготовительных методов в общем объеме рубок в Республике Карелия. Министерство лесного комплекса Республики Карелия, Петрозаводск, Россия. 1 с.
- Gerasimov, Y. & Karjalainen, T. 2011. Energy wood resources in Northwest Russia. *Biomass and Bioenergy* 35 (5): 1655-1662.
- Gerasimov, Y., Syunev, V., Chikulaev, P., Pechorin, V., Dyakonov, V., Komkov, V., Sikanen, L. & Karjalainen, T. 2005. An analysis of logging companies in the Republic of Karelia. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 16. 39 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp016.htm>.
- Karvinen, S., Väliky, E., Tornainen, T. & Gerasimov, Y. 2006. Northwest Russian forestry in a nutshell. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 30. 98 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp030.htm>.
- Metla. 2010. Metsätilastollinen vuosikirja 2010. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimintayksikkö, 2010.
- Metla. 2011. Finnish Forest Research Institute. 2011. Statistical service Metinfo. Доступно на: <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto>.
- Ollus, S-E. and N. Torvalds (eds.) 2005. From Trade to Partnership. Finland's economic strategy for Russia. Sitra report 58. Helsinki, Finland. 58 с.

2 Текущее состояние лесного сектора Северо-Запада России

Северо-Запад России, включающий Республику Карелия, Республику Коми, Архангельскую, Вологодскую, Калининградскую, Ленинградскую, Мурманскую, Новгородскую и Псковскую области, Ненецкий автономный округ, занимает ключевую позицию в российском лесном секторе и отличается от остальных регионов страны сравнительно развитой лесной промышленностью. В 2008 году доля региона в лесном секторе России составила 36% заготовки деловой древесины, 53% производства целлюлозы, бумаги и картона, 36% клееной фанеры и 28% производства пиломатериалов (ФСГС 2009). В отличие от других регионов страны Северо-Запад России располагает только 10% от общей лесопокрытой площади и только 12% древесного запаса всей России. Тем не менее, лесные ресурсы региона использовались не только отечественной лесной промышленностью, но также поставлялись и на международный рынок деловой древесины. В действительности, Северо-Запад России был наиболее важным поставщиком деловой древесины для Европы, в особенности, для стран северной Европы. Финляндия традиционно являлось одним из ключевых импортеров российских круглых лесоматериалов. Экспорт круглых лесоматериалов из России в Финляндию устойчиво повышался до 2005 года, после чего началось снижение, вызванное повышением в 2007 году экспортных пошлин на необработанные лесоматериалы. Целью российского правительства в этом случае было снижение экспорта необработанной деловой древесины и увеличение объемов деревообработки в России. Россия реформировала лесное законодательство для

более четкого разграничения прав и обязанностей между государством (собственником лесов) и частным бизнесом (арендаторами лесов), а также между федеральным центром и регионами. Более подробная статистическая информация о лесном секторе Северо-Запада России представлена в Karvinen et al. (2011).

Литература

ФСГС. 2009. Электронная база данных. Федеральная служба государственной статистики. Доступно на: <http://www.gks.ru>.

Karvinen, S., Väliky, E., Gerasimov, Y. & Dobrovolsky, A. 2011. Northwest Russian Forest Sector in a Nutshell. 138 с.

2.1 Российско-финская торговля лесоматериалами

Введение

В этой главе представлены результаты исследования, опубликованного ранее на финском языке (Tolonen, T., and M. Koronen, 2011).

Импортные российские круглые лесоматериалы составляли значительную долю древесины для финской деревообрабатывающей промышленности. Финские компании следовали стратегии увеличения импорта древесины из России, что можно увидеть по растущим объемам импорта с конца 90х годов прошлого века и до 2005 года, когда рекордный объем древесины (17 млн м³) был импортирован из России. После этого импорт из России стал снижаться и в 2009 году упал до 6,1 млн м³ (Рис. 2.1). Снижение импорта из России было вызвано как введением экспортных пошлин на необработанные лесоматериалы, так и падением спроса на импортную древесину со стороны финской промышленности. Доля российской импортной древесины снизилась с 80% до 65% от общего объема импорта необработанных лесоматериалов, а значение российской древесины для финской промышленности снизилось с 20% до 10% от общего объема поставленного сырья. (Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2010, Viitanen ja Karvinen 2010, Pirhonen et al. 2008). Березовые балансы были основным видом

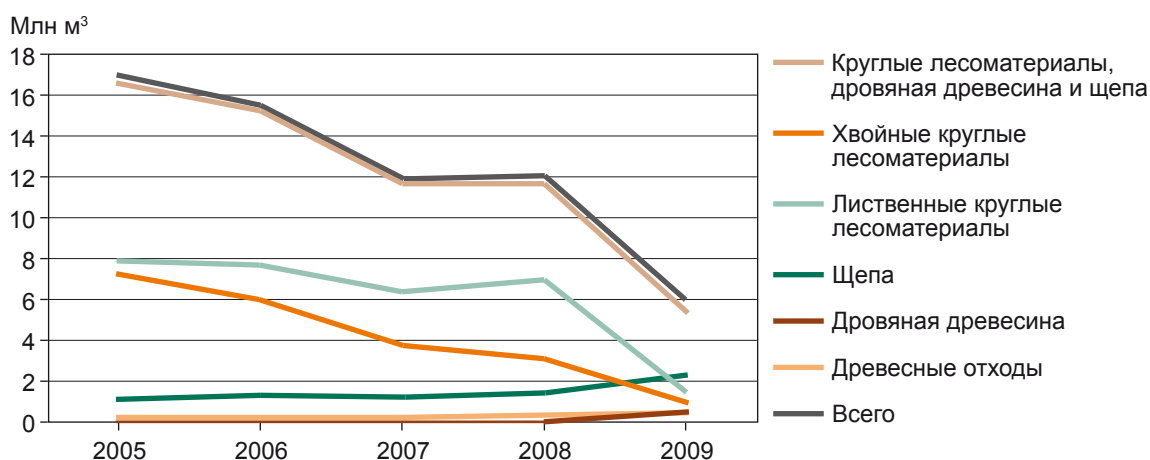


Рис. 2.1. Импорт лесоматериалов из России в Финляндию¹ между 2005–2009 годами (Metsäntutkimuslaitos, metsätilastiedotteet).

¹ - Древесная щепа включает промышленную щепу, топливную щепу и опилки.

импортируемых лесоматериалов, однако после девальвации российского рубля в 1998 году вырос импорт хвойного пиловочника (Mutanen & Toppinen 2007, Holopainen et al. 2006). Объем импортируемой древесной технологической щепы превысил объем импорта балансовой древесины в 2009 году (Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2010). В последние годы доля хвойной древесины в импорте лесоматериалов из России менялась от 30% до 50%.

Существует риск занесения возбудителей болезней и вредителей растений на территорию страны вместе с импортируемой древесиной. Одним из самых опасных вредителей является древесная нематода *Bursaphelenchus xylophilus*, которая может быть занесена с хвойными лесоматериалами и которая способна причинить существенный ущерб хвойным лесам. Импорт хвойных лесоматериалов из России в Финляндию регулируется законодательством Европейского Союза и Финляндии. С начала марта 2005 года все хвойные лесоматериалы, импортируемые из России в Финляндию должны иметь фитосанитарные сертификаты, выданные российской фитосанитарной инспекцией, а определенные образцы лесоматериалов должны проходить фитосанитарные тесты. Необходимость в фитосанитарных сертификатах и фитосанитарных тестах уже существовала для хвойной древесины, импортируемой из Азиатской части России и для всех видов лиственницы (*Larix spp*) (2000/29/EC). Новая директива Европейской Комиссии (2004/102/EC) вызвала определенные опасения финской и шведской деревообрабатывающей промышленности, так как большая часть необработанных лесоматериалов, импортируемых в Финляндию, заготавливается в Европейской части России, в частности, в Северо-Западном регионе. Ожидалось, что фитосанитарные тесты и их организация на пунктах пересечения государственной границы замедлят таможенные процедуры и увеличат бюрократические барьеры и стоимость импорта. С другой стороны, согласно результатам научных исследований, риск заражения финских лесов через импорт древесины из приграничных регионов России остается довольно низким. В ходе подготовки этой директивы Европейский Союз предоставил своим членам возможность снизить необходимые объемы фитосанитарных тестов (2004/1756/EC). Финляндия и Швеция получили разрешение проверять только 1% от общего объема импортируемой из Европейской части России древесины в течение 2005–2009 годов. С начала 2010 года фитосанитарные тесты проходят 3% процента от общего объема импорта.

Начиная с 2006 года, Россия увеличила экспортные пошлины на хвойные круглые лесоматериалы. К 2008 году экспортная пошлина увеличилась шаг за шагом с 2,5 до 15 €/м³. Последнее увеличение экспортной пошлины затронуло также и поставки березовых балансов с диаметром в верхнем отрезе более 15 см. Принципиальной целью такого повышения было сделать неприбыльным для компаний экспорт круглых лесоматериалов из России, повысить добавочную стоимость древесины путем ее глубокой переработки в России и привлечь иностранные инвестиции в Россию (Pirhonen *um.* 2008, BoF Online 2007, Mutanen & Toppinen 2007). С начала 2009 года существовал риск увеличения экспортной пошлины до 50 €/м³. Однако российское правительство откладывало решение об увеличении экспортной пошлины дважды, в конце 2008 года и в 2009 году, а в конце 2010 года постановлением от 29.12.2010 № 1190 размер экспортной пошлины был закреплен на уровне 2008 года.

Цель исследования

Последние годы сильно повлияли на лесной сектор, как в Финляндии, так и в России. В этом исследовании был проанализирован импорт хвойных круглых лесоматериалов из России в Финляндию и его изменение с 2005 по 2009 год. Исследование основывалось на данных, собранных Службой пищевой безопасности Финляндии Evira. Исследование было сфокусировано на всей цепочке поставки древесины из России в Финляндию, что включало в себя экспорт хвойных лесоматериалов российскими компаниями из разных регионов

России через различные пункты пересечения государственной границы посредством разных средств доставки к финским импортерам.

Данные и методы

Партии импортных хвойных лесоматериалов и сопроводительные документы проверяются финской таможней на границе. Служба пищевой безопасности Финляндии Evira проводит фитосанитарные тесты на границе или на пункте назначения, собирает и сохраняет часть фитосанитарных сертификатов в электронной базе данных. База данных содержит сертификаты, принадлежащие партиям различных сортиментов хвойных пород, импортированных из различных регионов России разными компаниями через различные пункты пересечения государственных границ и доставленные разными видами транспорта. Таким образом, база данных фитосанитарных сертификатов отражает действительный объем импорта хвойных лесоматериалов. База данных хранит почти все сертификаты, выданные корабельным партиям круглых лесоматериалов.

В течение 2005–2009 годов в Финляндию было импортировано более 0,5 миллиона партий лесоматериалов, что составляет более 25 млн м³ хвойных лесоматериалов. В этом исследовании использовались выборочные данные, которые охватывают ¼ всех собранных сертификатов или 40% от общего объема импортированных хвойных сортиментов (Таблица 2.1).

Импорт хвойных лесоматериалов в Финляндию

Круглые лесоматериалы оставались основным видом лесоматериалов, импортируемых в Финляндию до 2009 года. С 2010 года объемы импорта круглых лесоматериалов уступили объемам импорта древесной щепы (включая опилки). В России древесная щепа рассматривается как продукт переработки древесины, и ее экспорт облагается пошлиной всего в 5% от декларируемой стоимости. Объем импортируемых пиломатериалов увеличился в рассматриваемый период, однако, оставался ниже объемов импорта щепы и круглой древесины. Традиционно импорт дров был сравнительно низким. В 2009 году импорт дров начал расти так же как импорт древесной щепы и пиломатериалов. Объемы импорта древесных продуктов, входящих в категорию ”прочие”, включающую материалы для упаковки, строительства и окоренную древесину, остались самыми незначительными в общем объеме импорта (Рис. 2.2).

Число российских экспортеров сократилось в течение рассматриваемого периода (Рис. 2.3). После второго повышения экспортных пошлин в 2007 году число экспортеров стало сокращаться быстрее. Количество работающих финских импортеров оставалось

Таблица 2.1. Импорт хвойных круглых лесоматериалов и исследованные данные.

Год	Общее число сертификатов	Общий объем импортированных хвойных лесоматериалов, м ³	Отобранное число сертификатов	Объем древесины в выбранных данных, м ³
2005	150 000 (оцен.)	7 000 000 (оцен.)	27 657 (18,5%)	2 196 541 (31,4%)
2006	154 046	6 880 551	35 200 (22,9%)	2 370 304 (34,4%)
2007	108 879	3 909 669	33 737 (31%)	2 083 656 (53,3%)
2008	108 140	4 254 103	34 643 (32%)	2 008 247 (47,2%)
2009	65 542	3 400 000 (оцен.)	24 764 (37,8%)	1 321 969 (38,9%)
Всего	586 625	25 444 323	156 001 (26,6%)	9 980 717 (39,2%)

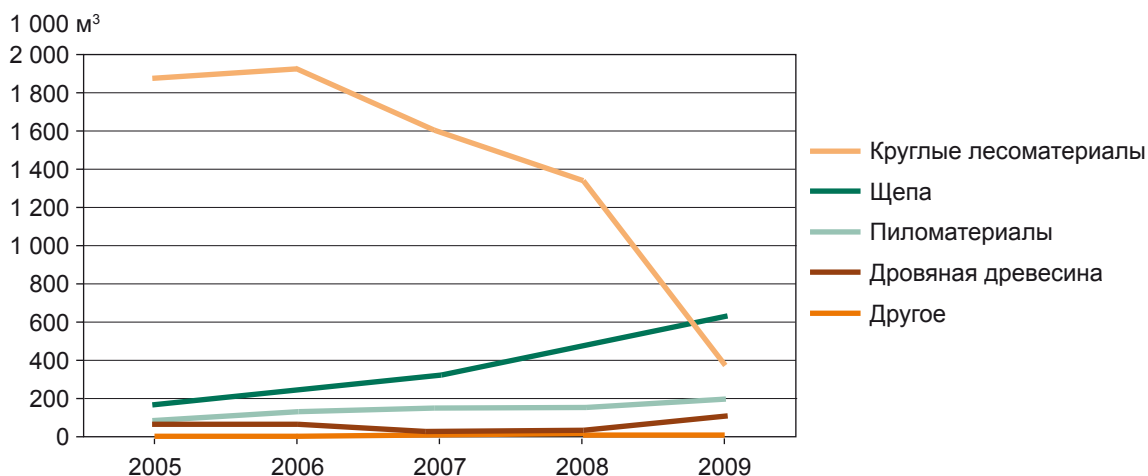


Рис. 2.2. Объемы импорта хвойных лесоматериалов.

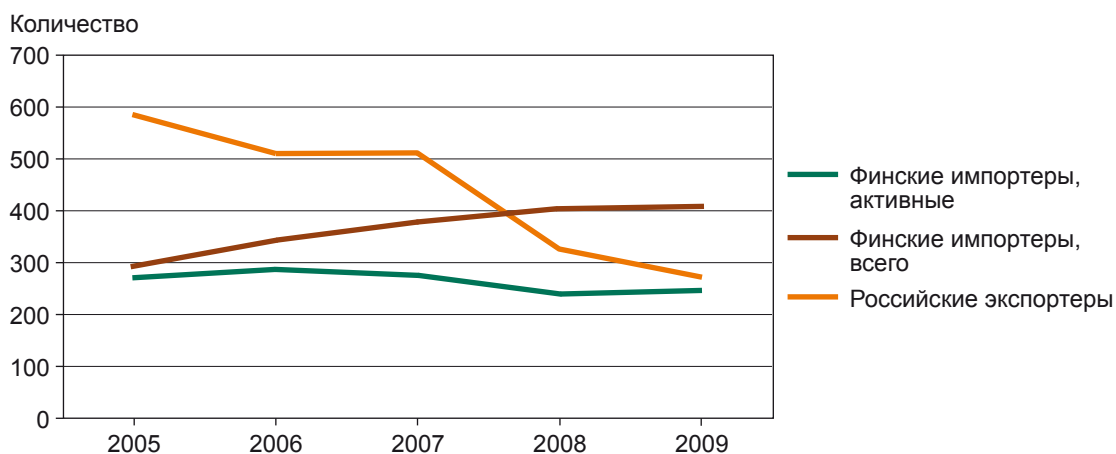


Рис. 2.3. Количество экспортеров и импортеров.

стабильным, хотя число регистрируемых Службой пищевой безопасности Финляндии импортеров выросло. Такая ситуация возможно отражает веру финских предпринимателей в будущие перспективы торговли с Россией и их готовность использовать будущие бизнес-возможности.

Российский экспорт лесоматериалов был изучен на основе анализа количества экспортных партий и их объемов. По числу экспортных партий компании были разделены на крупные, средние, малые и микро компании. Число компаний, экспортировавших от 100 до 1000 партий ежегодно, оставалось довольно постоянным, тогда как число компаний, экспортировавших меньше 100 партий в год, уменьшилось. Малые и средние компании преобладали по объемам экспорта, хотя была видна тенденция к сокращению объемов их экспорта. Объемы, экспортированные крупными компаниями, достигли своего максимума в 2008 году, после чего началось их сокращение (Рис. 2.4).

До 2008 года импорт лесоматериалов в Финляндию осуществлялся всего несколькими крупными лесопромышленными компаниями (Рис. 2.5). Последовавшее после этого года снижение импорта объясняется тем, что компании были вынуждены адаптировать свою деятельность к изменяющимся условиям в России и, в особенности, к условиям глобального рынка. Число компаний, импортирующих более 100 партий лесоматериалов ежегодно, оставалось

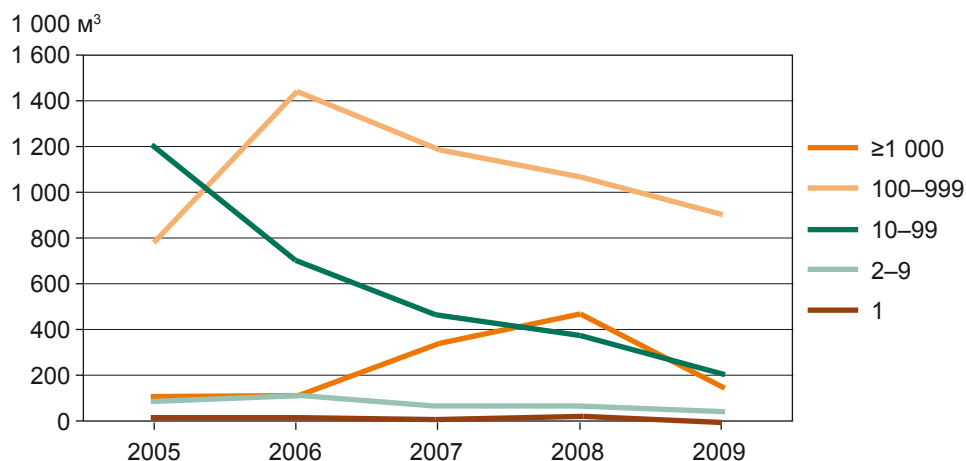


Рис. 2.4. Количество экспортных партий и их средний объем.

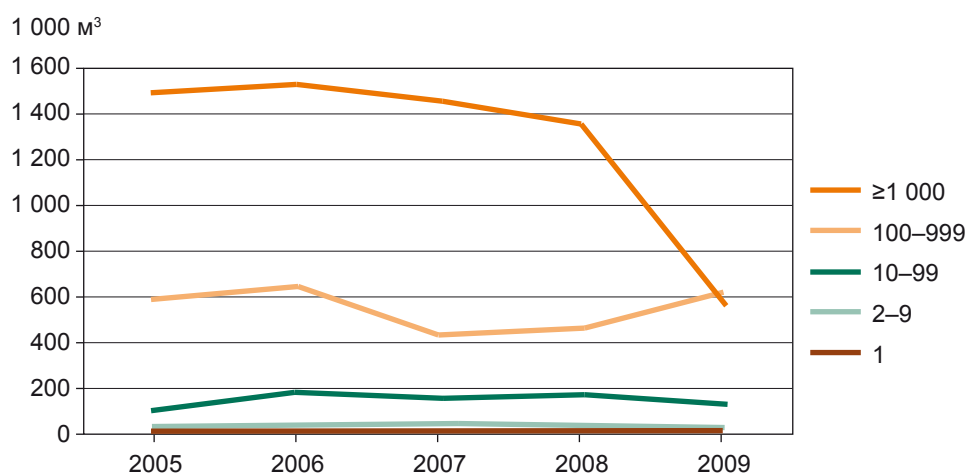


Рис. 2.5. Количество импортных партий и их средний объем.

довольно постоянным. Очевидный спад в импорте наблюдался в 2007–2008 годах, но в 2009 году объемы импорта восстановились. Наибольшую группу импортеров составляли компании, импортировавшие меньше 100 партий в год. Несмотря на многочисленность таких компаний, объемы их импорта были меньше объемов импорта крупных и средних компаний.

Происхождение древесины

Северо-Запад России является основным регионом, поставляющим хвойную древесину в Финляндию. В этом регионе основными источниками древесины для экспорта являются Ленинградская область и Республика Карелия (Рис. 2.6). Объем экспорта древесины из Вологодской области стал снижаться в 2006 году, что отражает эффект влияния повышения экспортных пошлин и расстояния транспортировки на поставки древесины. Новгородская область обошла Вологодскую по объемам экспорта в 2007 году. Это стало результатом увеличения экспорта древесной щепы из местных лесоперерабатывающих заводов в Финляндию. В Мурманской области низкие ежегодные объемы лесозаготовок и большие расстояния транспортировки древесины к местам переработки объясняют малые объемы экспорта. Расстояние до границы и собственная развитая деревообрабатывающая промышленность,

возможно, являются основными причинами малых объемов экспорта из Архангельской области и Республики Коми.

По сравнению с Северо-Западом России из других регионов России экспортировалось меньше древесины (Рис. 2.7). Динамика экспорта из Тверской и Костромской областей, находящихся в Центральном федеральном округе, определялась географическим положением этих регионов. К 2007 году экспорт древесины из Костромской области почти прекратился, а экспорт из Тверской области, напротив, вырос. В Приволжском Федеральном округе до 2007 года основная часть экспорта лесоматериалов приходилась на Кировскую область. Древесина также экспортировалась из Пермского края и Нижегородской области, однако, объемы экспорта снижались. Отдельные партии древесины экспортировались из регионов, расположенных восточнее Урала, – Красноярского края, Свердловской и Иркутской областей.

Транспортировка

Преобладающим видом транспорта для экспорта древесины был автомобильный транспорт, меньшие объемы древесины были перевезены водным и железнодорожным транспортом

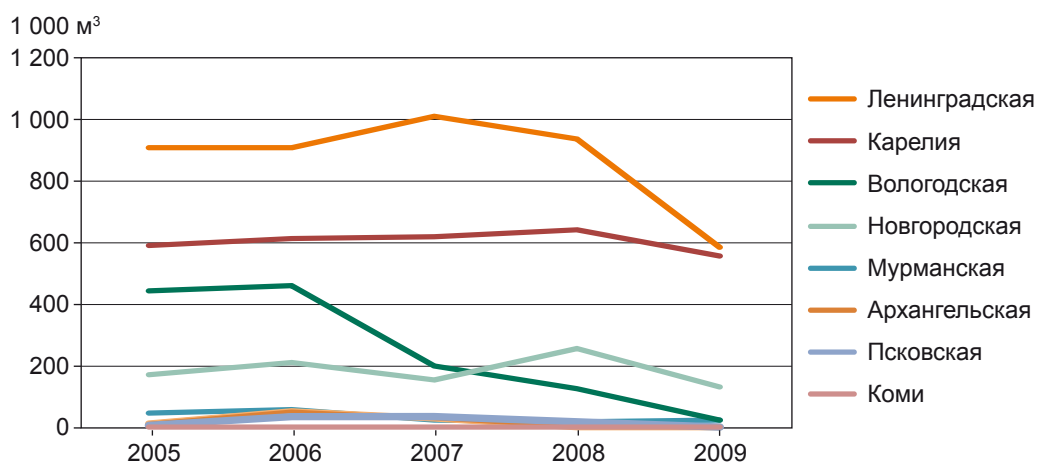


Рис. 2.6. Объемы экспорта древесины из регионов Северо-Запада России.

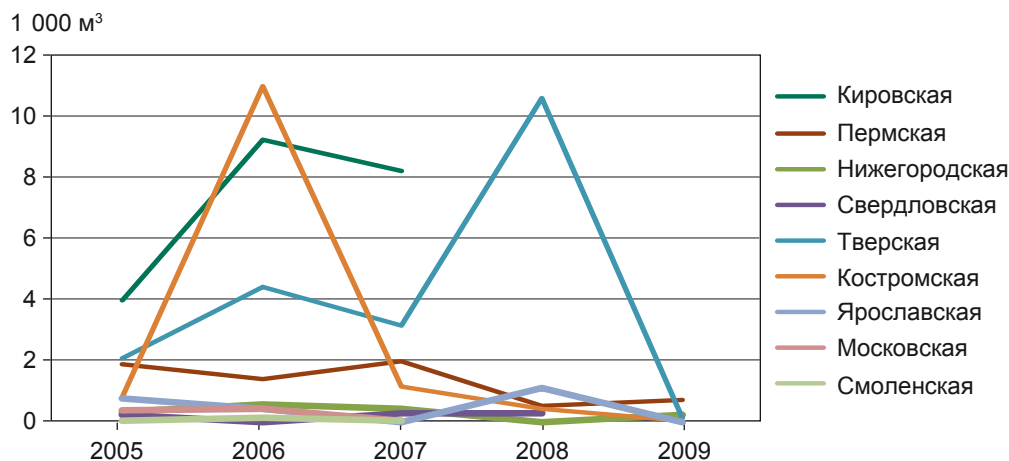


Рис. 2.7. Экспорт древесины из некоторых регионов России.

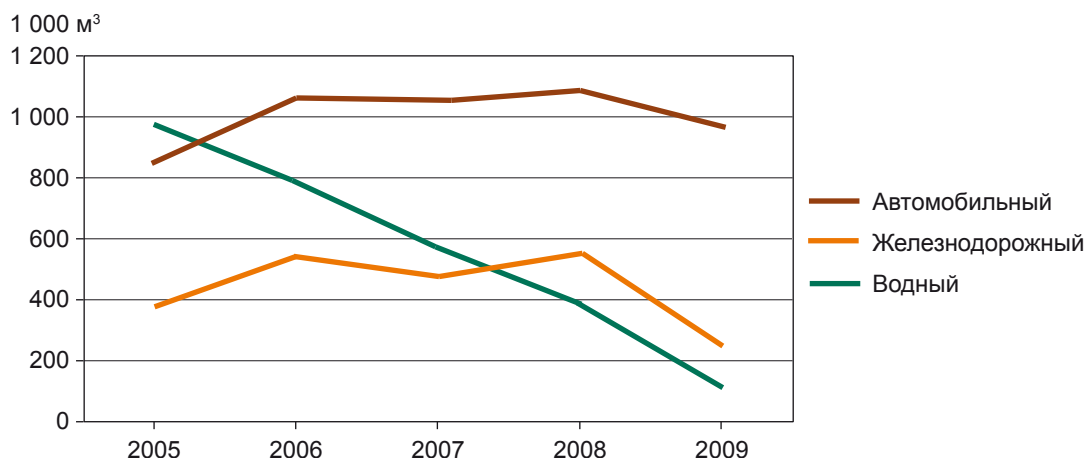


Рис. 2.8. Экспортные объемы, перевезенные разными видами транспорта.

(Рис. 2.8). Транспортировка древесины автомобилями экономически обусловлена в приграничных регионах, что также может быть видно из преобладания объемов древесины, экспортированной из Республики Карелия и Ленинградской области. В восточной Финляндии, например, местные малые и средние лесопильные предприятия использовали пиловочник из России, и поставки древесины в таких случаях осуществлялись автомобилями из ближайших районов России. Такой способ доставки древесины потребителям являлся наименее затратным (Gerasimov & Karjalainen 2009).

Пункты пересечения границы и порты

Импорт древесины в основном осуществлялся через международные пункты пересечения границы Нуйямаа, Иматра, Ваалимаа, Вайниккала и Ниирала в южной Финляндии. Импорт через пункт пересечения границы Вартиус увеличился в 2008–2009 годы, тогда как объемы древесины, импортируемые через Куусамо, снижались в течение последних 3 лет. Такая динамика была следствием процессов, проходивших в компаниях, расположенных в приграничных регионах России. На импорт древесины через Куусамо повлияло закрытие целлюлозно-бумажного комбината в Кемиярви. Импорт древесины через пункты пересечения границы, расположенные на севере Финляндии (Салла и Рая-Йосеппи), был довольно небольшим, но стабильным (Рис. 2.9).

Временные пункты пересечения границы Париккала, Инари (Лиекса) и Руховаара были наиболее востребованными (Рис. 2.10). Однако снижение импорта, сезонность, разница между годами и полное прекращение импорта были причинами закрытия самых маленьких временных пунктов пересечения границы. Поставки хвойной древесины осуществлялись, в основном, через порты Котка, Раума, Хамина и Кеми, из которых Котка и Хамина имеют хорошие транспортные связи с центрами деревообработки, а Раума и Кеми располагаются рядом с целлюлозно-бумажными комбинатами (Рис. 2.11).

Обсуждение

Опасения о возникновении дополнительных рисков и неопределенностей будущего развития лесной промышленности, связанных с введением фитосанитарных сертификатов, не оправдались, так как произошли более серьезные изменения в операционной среде лесопромышленных компаний. Проведенное исследование показало, что с введением

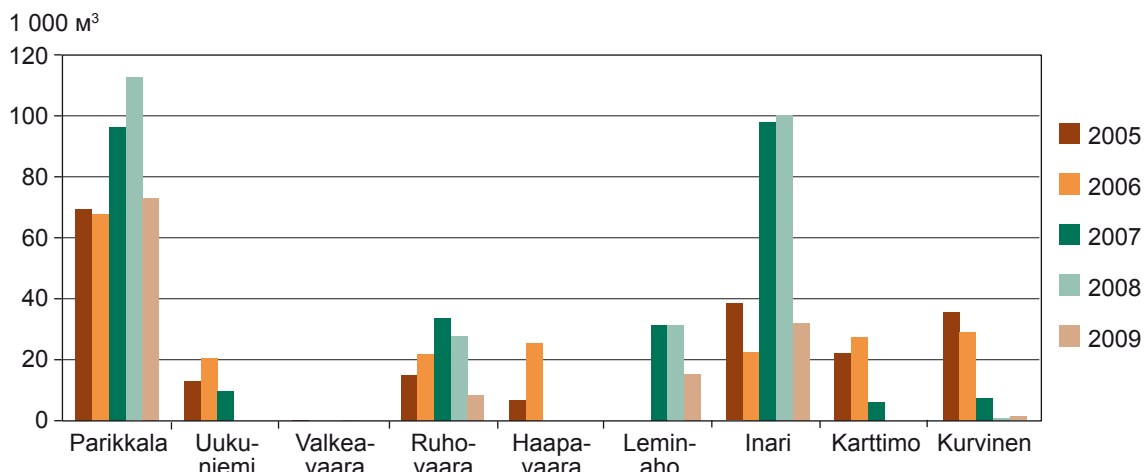


Рис. 2.9. Объемы транспортировки хвойной древесины через международные пункты пересечения границы.

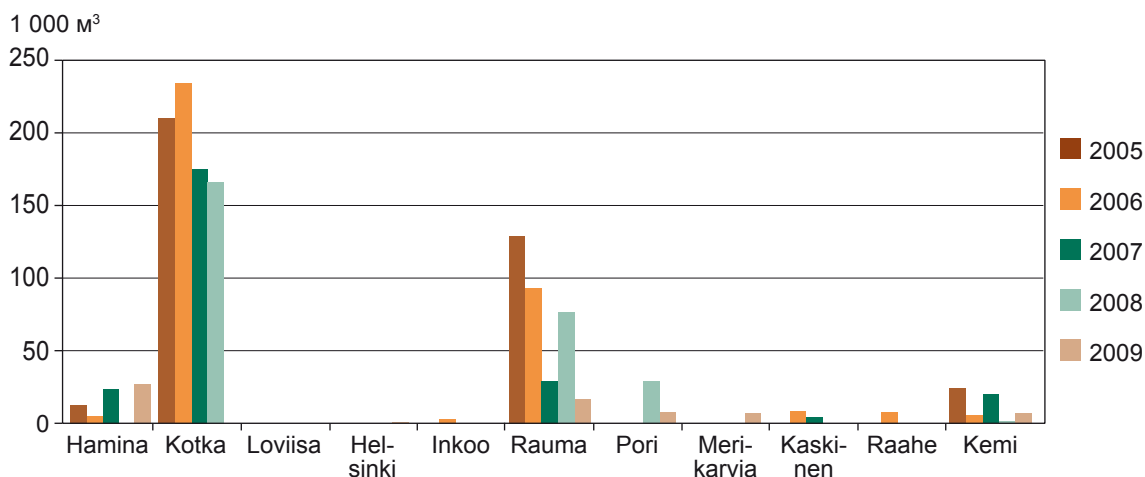


Рис. 2.10. Объемы транспортировки хвойной древесины через временные пункты пересечения границы.

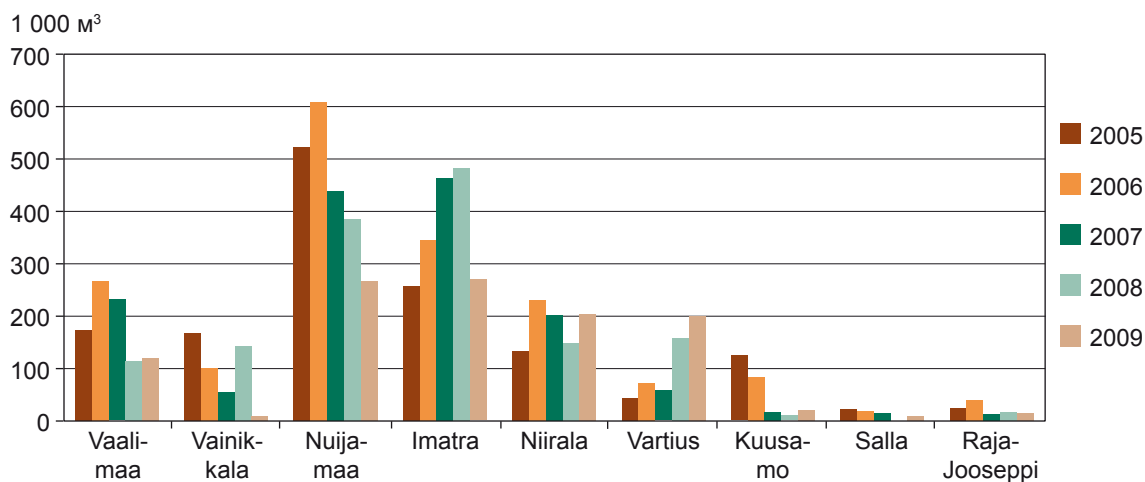


Рис. 2.11. Объемы транспортировки древесины через порты.

экспортных пошлин снизились объемы экспорта хвойной древесины, а на смену экспорту круглых лесоматериалов из России пришел экспорт обработанной древесины, субпродуктов и даже древесных отходов. Древесная щепа, опилки и различные виды древесных отходов являются полезным ресурсом для лесной промышленности, и эти виды древесины заменили более дорогую деловую древесину в качестве сырья.

Импорт хвойной древесины в Финляндию осуществлялся, в основном, крупными деревообрабатывающими компаниями, за исключением 2009 года, когда компании были вынуждены адаптировать свою деятельность к изменяющимся условиям в России и, в большей степени, к условиям глобального рынка. В этот момент объемы импорта сократились. В России крупные компании стали отвечать за лесохозяйственные операции, а малые и средние компании столкнулись с трудностями. Даже не смотря на то, что количество российских экспортеров сократилось, их число все еще больше, чем число финских импортеров, которые объединены в крупные компании.

Северо-Запад России был основным источником импортной древесины для финской деревообрабатывающей промышленности, однако, выросшая стоимость импорта заставила компании поставлять древесину из регионов, расположенных рядом с границей. Это объясняет доминирующее положение автомобильного транспорта в перевозках древесины и небольшие объемы использования водного транспорта в рассматриваемом периоде времени.

Международные пункты пересечения границы были основными пропускными точками для импорта хвойной древесины из России в Финляндию. Временные пункты пересечения границы нивелировали потоки импорта древесины и снижали нагрузку на международные пункты пересечения границы. Без таких временных пунктов импорт древесины во многих случаях был бы экономически невыгодным из-за большого расстояния транспортировки.

Литература

- Elintarviketurvallisuusvirasto Evira 2007. Ohjeita venäläisen havupuutavaran maahantuoajalle. Tuontivaatimukset ja maahantuoajan velvollisuudet. Evira, kasvinsuojeluyksikkö, Helsinki 2007. 11 с. + приложения.
- Elintarviketurvallisuusvirasto Evira 2009. Kasvinterveysyksikön valvontaraportti 2008. Osa I Kasvinterveys ja taimiaineisto. 31.3.2009. Dnro 2196/0411/2009. 21 с. + приложения.
- Elintarviketurvallisuusvirasto Evira 2010. Kasvinterveysyksikön valvontaraportti 2009. Osa I Kasvinterveys ja taimiaineisto. 30.3.2010. Dnro 1480/0411/2010. 19 с. + приложения.
- Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, kasvinsuojeluyksikkö 2007. Kasvinsuojeluyksikön valvontaraportti 2006. Osa I b. Tuontipuutavara Venäjältä. 3.4.2007. Dnro 2622/504/2007. 10 с. + приложения.
- Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, kasvinsuojeluyksikkö 2008. Kasvinsuojelun valvontaraportti vuodelta 2007. Osa I b, Venäjän tuontipuu. 31.3.2008. Dnro 2327/504/2008. 9 с.
- Forsman, P., Railavo, J., Rantala, A., ja Simola, H. 2007. Venäjän raakapuun vientitullien korotusten kokonaistaloudelliset vaikutukset Suomessa. BoF Online. 2007. No 14. Доступно на: http://www.suomenpankki.fi/fi/julkaisut/selvitykset_ja_raportit/bof_online/Documents/BoF_Online_14_2007_Forsman-Railavo-Rantala-Simola.pdf.
- Gerasimov, Y. & Karjalainen, T. 2006. Development of wood procurement in Northwest Russia: roundwood balance and unreported flows. *European Journal of Forest Research*, 125: 189-199.
- Gerasimov, Y. & Karjalainen, T. 2009 Estimation of supply and delivery cost of energy wood from Northwest Russia. *Metla working papers* 123. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp123.htm>.

- Gerasimov, Y., Karvinen, S. & Leinonen, T. 2009. Atlas of the forest sector in Northwest Russia. Metla working papers 131. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp131.htm>.
- Helsingin Sanomat 21.7.2009. Venäjä haluaa ajaa alas tilapäiset rajanylityspaikat. Доступно на: <http://www.hs.fi/kotimaa/artikkeli/Ven%C3%A4j%C3%A4+haluaa+ajaa+alas+tilap%C3%A4iset+rajanylityspaikat/1135247820959>.
- Holopainen, P., Ollonqvist, P. & Viitanen, J. 2006. Factors affecting investments in Northwest Russian forest sector and industry. Metla working papers 32. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp032.htm>.
- Jutila, L. 2009. Suomen ja Venäjän välisen metsäsektorin kaupan rakenne ja kehitys vuosina 1997-2007. Metlan työraportteja 140. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp140.htm>.
- Jutila, L., Karvinen, S., Leinonen, T. & Välkky, E. 2010. Venäjän tullipolitiikan vaikutuksista Suomen ja Venäjän väliseen metsäsektorin kauppaan. Metlan työraportteja 155. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp155.htm>.
- Karjalainen, T., Ollonqvist, P., Saastamoinen, O. ja Viitanen, J. (toim.). 2007. Kohti edistyvää metsäsektoria Luoteis-Venäjällä – tutkimushankkeen loppuraportti. Metlan työraportteja 62. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp062.htm>.
- Kasvintuotannon tarkastuskeskus, kasvinsuojeluosasto 2006. Valvontaraportti 2005. Osa I b. Tuontipuun tarkastusyksikkö/7 tuontipuutavara Venäjältä 27.3.2006. Dnro 3/406/2006. 10 s.
- Komission direktiivi (2004/102/EY) kasveille ja kasvituotteille haitallisten organismien yhteisöön kulkeutumisen ja siellä leviämisen estämiseen liittyvistä suojatoimenpiteistä annetun neuvoston direktiivin 2000/29/EY liitteiden II, III, IV ja V muuttamisesta. Доступно на: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:309:0009:0025:FI:PDF>.
- Kriisivalmiussuunnitelma: Mäntyankeroinen. 2006. KTTK:n kasvinsuojeluosasto. 36 s. Доступно на: http://www.evira.fi/attachments/kasvintuotanto_ja_rehut/kasvintarkastus/ajankohtaista/kriisivalmiussuunnitelma_mantyankeroinen.pdf.
- Lasse J. 2010. Metsäpolitiikan vaikutus metsävarojen käyttöön ja metsäteollisuuden investointeihin Venäjällä. Metlan työraportteja 162. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp162.htm>.
- Metsäntutkimuslaitos. Idän metsätieto-palvelu. Puun tuonti Suomeen. Доступно на: <http://www.idanmetsatieto.info/fi/cfmldocs/?ID=509>.
- Mutanen, A. & Toppinen, A. 2007. Price dynamics in the Russian-Finnish roundwood trade. Scandinavian Journal of Forest Research, 22: 71-80.
- Mäntyankeroinen ei sovi kaupparolitiikan välineeksi. Artikkelit Maaseudun tulevaisuudessa 13.2.1997.
- Ohjeita venäläisen havupuutavaran maahantuojalle. Tuontivaatimukset ja maahantuojan velvollisuudet. Eviran ohje 14405/2. Kasvinterveysyksikkö 12.4.2010. 18 s.
- Pirhonen, I., Ollonqvist, P., Viitanen, J., Toropainen, M. & Bungov, V. 2008. Income and employment effects of change of roundwood use in Eastern Finland and the Republic of Karelia. Metla working papers 70. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp070.htm>.
- Skarpaas O. & Økland B. 2009. Timber import and the risk of forest pest introduction. Journal of Applied Ecology 46: 55–63.
- Suomen ja Venäjän välillä on nyt kuusi tilapäistä rajanylityspaikkaa. Rajavartiolaitoksen tiedote 01.12.2010. Доступно на: <http://www.raja.fi/rvl/bulletin.nsf/PFBD/C5EEB6F067C391F1C22577EC04CB0CE?opendocument>.
- The Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2010. Metsäntutkimuslaitos. Vammalan kirjapaino Oy, Sastamala 2010. 472 s.
- Tolonen, T. & Koponen, M. 2011. Havupuun tuonti Venäjältä Suomeen ja tuontihavupuun kasvinterveystarkastukset vuosina 2005–2009. Metlan työraportteja 197. 32 s. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp197.htm>.
- Tomminen, J. & Nuorteva, M. 1987. Mäntyankeroinen. Helsingin yliopisto. Maatalous- ja metsäeläintieteenlaitos. Julkaisuja 11. 18 s.

Tuontipuun terveystarkastukset alkoivat. Karjalan Maa, 22.3.2005, nro 33.

Valtioneuvoston asetus rajanylityspaikoista sekä rajatarkastustehtävien jakamisesta niillä. 652/2005. 25.8.2005. Доступно на: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050652>.

Viiitanen, J. & Karvinen S. 2010. Review on Russian roundwood imports into Northern Europe 1993-2008. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 148. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp148.htm>.

2.2 Рынок лесных машин на Северо-Западе России

В этой главе приведены обновленные результаты исследования (Jutila et al. 2010), ранее опубликованного на финском языке.

Ожидается, что российский рынок лесных машин значительно вырастет в будущем, в основном, из-за необходимости обновления парка лесозаготовительных машин и значительного потенциала российских лесов. Динамика использования различных методов лесозаготовки (сортиментами, хлыстами и деревьями) имеет значительное влияние на распределение долей между различными машинами на российском рынке.

Сортиментный метод с использованием лесозаготовительных машин стал обычным для приграничных с Финляндией регионов России в 90-е годы прошлого века, когда финские предприниматели стали работать в этих регионах. Сортиментный метод стал еще более распространенным в 2000-х годах в связи с увеличением импорта харвестеров и форвардеров. Доля этого метода значительно увеличилась, особенно на Северо-Западе России, например, в Республике Карелия уже более 90% заготовок древесины осуществляется с применением сортиментного метода. Производство харвестеров в России незначительно, тогда как финские компании являются основными производителями харвестеров на мировом рынке.

В России импортная пошлина на харвестеры была достаточно низкой, всего 5%. В начале 2007 года импортная пошлина на харвестеры была отменена, но с 2009 года пошлина была введена снова в прежнем размере. Импортная пошлина на форвардеры была выше, чем на харвестеры, и до 2009 года составляла 15%. В начале 2009 года импортная пошлина на форвардеры была увеличена до 25%, что рассматривается как мера по защите отечественного производства. Эта мера также должна была способствовать переносу части производства лесных машин на территорию России.

Экспорт харвестеров из Финляндии в Россию увеличивался, в основном, в 2002–2008 годах (Рис. 2.12). Месячная динамика экспорта в 2002–2009 годах показана Рис 2.13. Максимальное количество харвестеров, более 50, было экспортировано в Россию в ноябре 2007 года. В конце 2008 года экспорт резко снизился, а в начале 2009 года почти полностью прекратился.

Экспорт форвардеров из Финляндии в Россию, измеренный в экспортной стоимости, также рос, в основном, в 2002–2008 годах (Рис. 2.14). Количество экспортированных машин оставалось постоянным, но экспорт сфокусировался на тяжелых машинах (общий вес более 20 т) вместо легких (общий вес меньше 20 т). В соответствии с данными финской таможни экспорт тяжелых машин сократился в 2009 году с 373 до 34 форвардеров, а легких машин с 259 до 95 форвардеров. Экспорт харвестеров и форвардеров начал увеличиваться в 2010 году.

Рис. 2.15 и Рис. 2.16 показывают динамику экспорта легких (общий вес 5–20 т) и тяжелых (общий вес более 20 т) машин в 2002–2010 годах. В начале этого периода экспорт легких машин был больше по числу, чем экспорт тяжелых машин. С 2004 года доля тяжелых машин стала больше доли легких машин. Экспорт новых машин также увеличился с 2004 года. Однако экспорт обеих групп машин снизился в 2008–2009 годах с увеличением в России импортной пошлины. Восстановление экспорта легких харвестеров в конце 2009 года

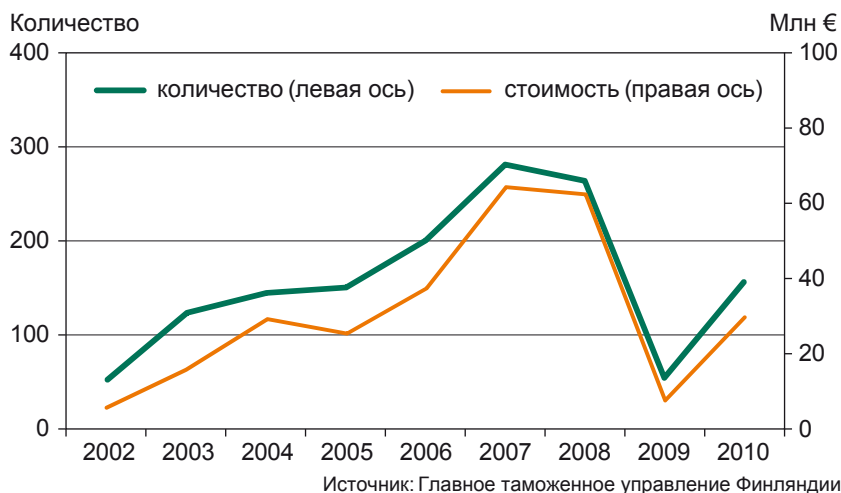


Рис. 2.12. Экспорт харвестеров из Финляндии в Россию в 2002–2010 годах.



Рис. 2.13. Месячный экспорт харвестеров из Финляндии в Россию и величина российской пошлины на импорт в 2002–2010 годах.

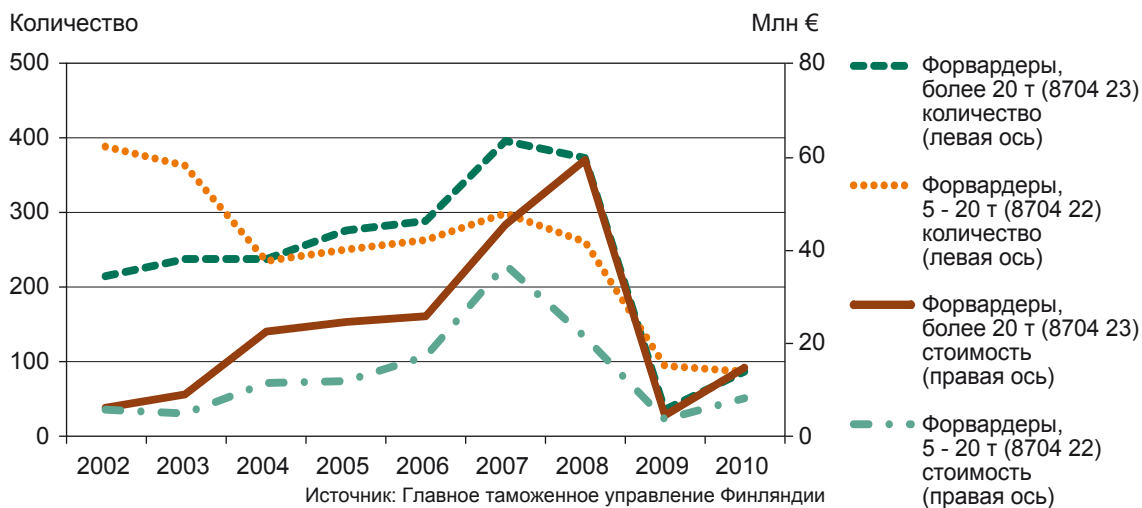
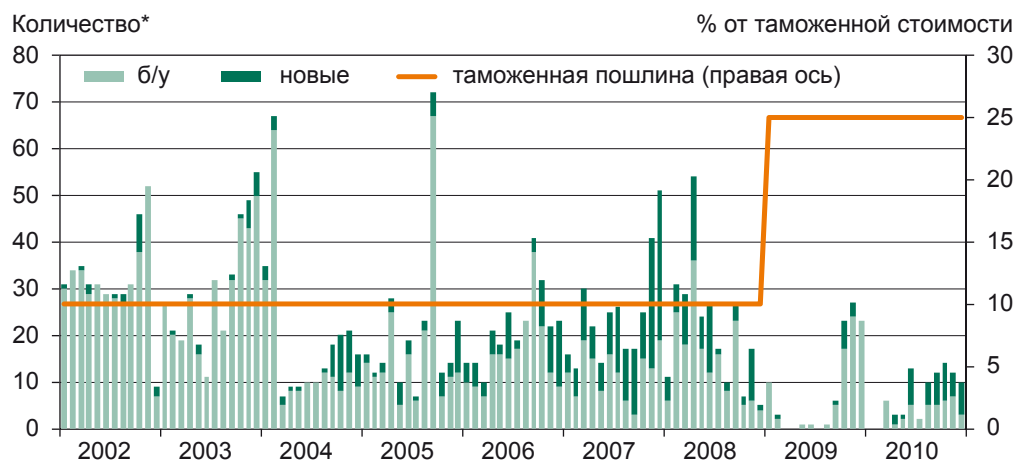


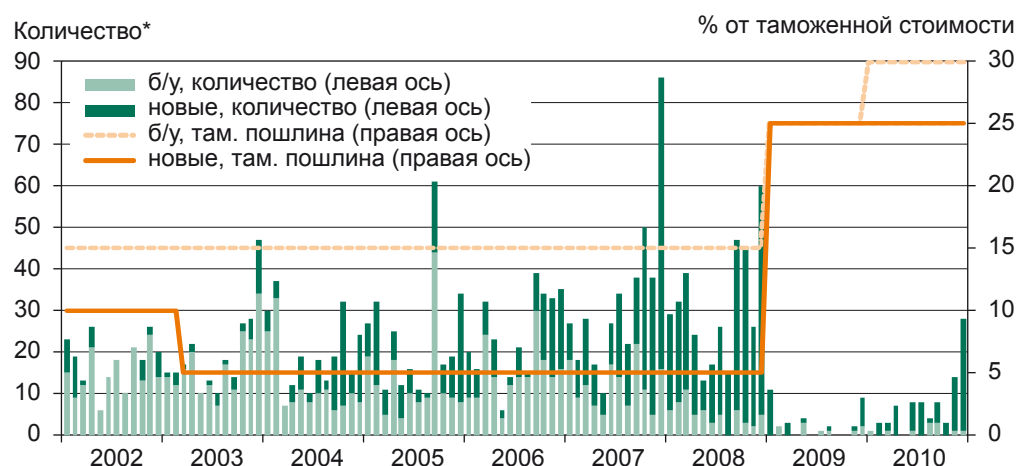
Рис. 2.14. Экспорт форвардеров из Финляндии в Россию в 2002–2010 годах.



* Может включать и другие транспортные средства для перевозки грузов

Источники: Главное таможенное управление Финляндии, КонсультантПлюс

Рис. 2.15. Месячный экспорт легких машин (общий вес менее 20 т), включая харвестеры и автомобили, из Финляндии в Россию и величина российской импортной пошлины в 2002–2010 годах.



* Может включать и другие транспортные средства для перевозки грузов

Источники: Главное таможенное управление Финляндии, КонсультантПлюс

Рис. 2.16. Месячный экспорт легких машин (общий вес менее 20 т), включая харвестеры и автомобили, из Финляндии в Россию и величина российской импортной пошлины в 2002–2010 годах.

предсказывает временный эффект от повышения импортной пошлины. Экспорт обеих групп машин оставался незначительным и постоянным в количественном выражении в 2010 году.

Литература

Jutila, L., Karvinen, S., Leinonen, T. & Väliky, E. 2010. Venäjän tullipolitiikan vaikutuksista Suomen ja Venäjän väliseen metsäsektorin kauppaan. Metlan työraportteja 155. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp155.htm>.

2.3 Ресурсы энергетической древесины Северо-Запада России и стоимость ее поставки к российско-финляндской границе

Введение

В этой главе объединены результаты двух исследований Gerasimov & Karjalainen (2009 and 2009a).

Россия является крупнейшим мировым производителем и экспортером энергии, однако основная часть ископаемых видов топлива расположена в Сибири, далеко от населенных территорий, промышленности и экспортных рынков. Северо-Западная часть России потребляет значительное количество ископаемых видов топлива: 19,7 Мтнэ¹ природного газа, 10,8 Мтнэ нефти, 1,4 Мтнэ угля, всего 31,9 Мтнэ или 364 ТВтч (Russia Energy Survey 2002). Существуют определённые риски в установившейся зависимости от высоких цен на ископаемые виды топлива и большой стоимости транспортировки из Сибири. Кроме того, выбросы от использования ископаемых видов топлива являются основным источником парниковых газов, и таким образом способствуют глобальному изменению климата. Снижение выбросов парниковых газов является важнейшей национальной и международной целью для выполнения соглашений по смягчению изменения климата (IPCC 2007). Эффективное использование энергетической древесины в качестве возобновляемого источника энергии сможет снизить зависимость от невозобновляемых и импортируемых источников энергии.

Использование ископаемых видов топлива преобладает в топливном балансе Северо-Запада России (Арабкин 2003), а возобновляемые источники энергии и древесина играют незначительную роль:

- природный газ – около 44%
- жидкие и ископаемые виды топлива – около 36%
- ядерная и гидроэнергетика – около 18%
- древесина и другие источники – около 2%.

Из Рис. 2.17 видно, что в настоящее время древесина обеспечивает более-менее значимую долю генерируемой энергии только в Республике Карелия и Псковской области (Григорьев 2007).

Структура потребления топлива в 2006 г., %

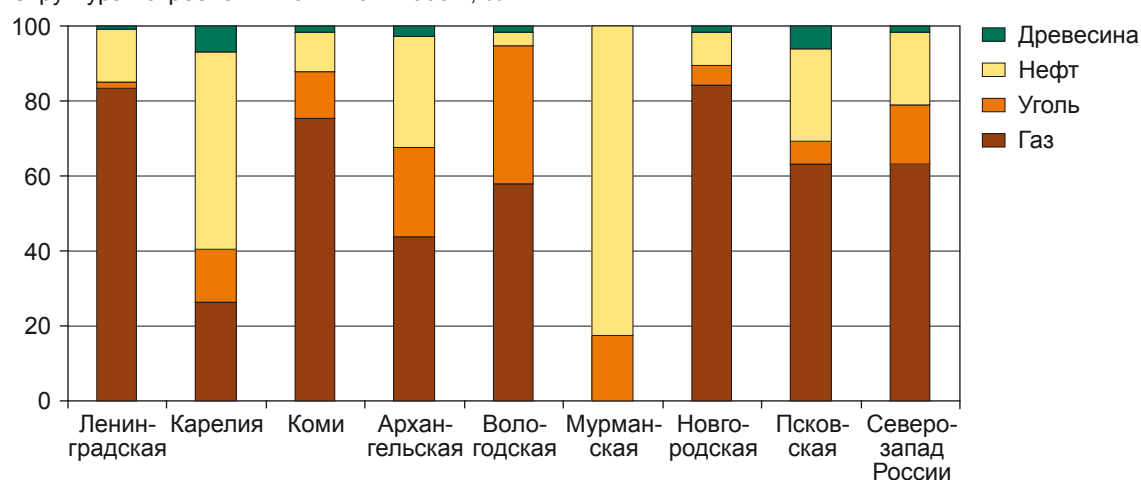


Рис. 2.17. Потребление различных видов топлива на Северо-Западе России в 2006.

¹ - миллион тонн нефтяного эквивалента

Почти вся энергетическая древесина используется для получения тепловой энергии. Основным потребителем древесной биомассы является деревообрабатывающая промышленность, также существенные объемы потребляются муниципальными котельными и частными домовладениями.

Среди причин низкого использования древесных отходов в качестве топлива часто называются плохая доступность энергетической древесины и ее поставок, а также неопределенности, касающиеся их стоимости. На доступность древесных отходов для биоэнергетики в зоне проведенного исследования влияют тип и размер лесопильных и фанерных предприятий. Существуют различия в эффективности переработки круглых лесоматериалов в разные изделия. Кроме того, многие лесопильные заводы уже используют значительную часть своих отходов для генерации тепла. При использовании этих отходов в качестве топлива, они начинают конкурировать с энергетической древесиной, что может быть выражено через альтернативные издержки.

Цели

Основной целью этого исследования была оценка доступности и стоимости поставок энергетической древесины с лесосек и деревообрабатывающих предприятий, расположенных на Северо-Западе России.

Данные и методология расчета стоимости поставки энергетической древесины

Стоимость поставки энергетической древесины зависит от средств транспортировки, расстояния вывозки до потребителя, состояния транспортной сети, распределения лесных ресурсов и т.д. Рассредоточенное пространственное распределение ресурсов энергетической древесины повысило интерес к использованию геоинформационных систем (ГИС) для их анализа. ГИС были использованы во многих исследованиях, оценивавших возможность поставки энергетической древесины и стоимость ее поставки потребителям (например Nord-Larsen and Talbot 2004; Voivontas et al. 2001). ГИС была применена в данном исследовании для оценки стоимости энергетической древесины, доставленной к пунктам пересечения российско-финляндской границы тремя видами транспорта – железнодорожным, авто- и водным транспортом. В качестве результата были получены кривые стоимости поставки для каждого из трех рассмотренных видов транспорта.

Результаты

Территория исследования охватывала 8 административных регионов на Северо-Западе России: Республики Карелия и Коми, а также Архангельскую, Ленинградскую, Мурманскую, Новгородскую, Псковскую и Вологодскую области. Всего на данной территории располагалось 200 лесхозов.

На Рис. 2.18 представлена карта расположения лесхозов, лесопильных предприятий, фанерных заводов и возможных пунктов пересечения границы при экспорте энергетической древесины. На рассмотренной территории доступно примерно 30,5 млн м³ энергетической древесины.

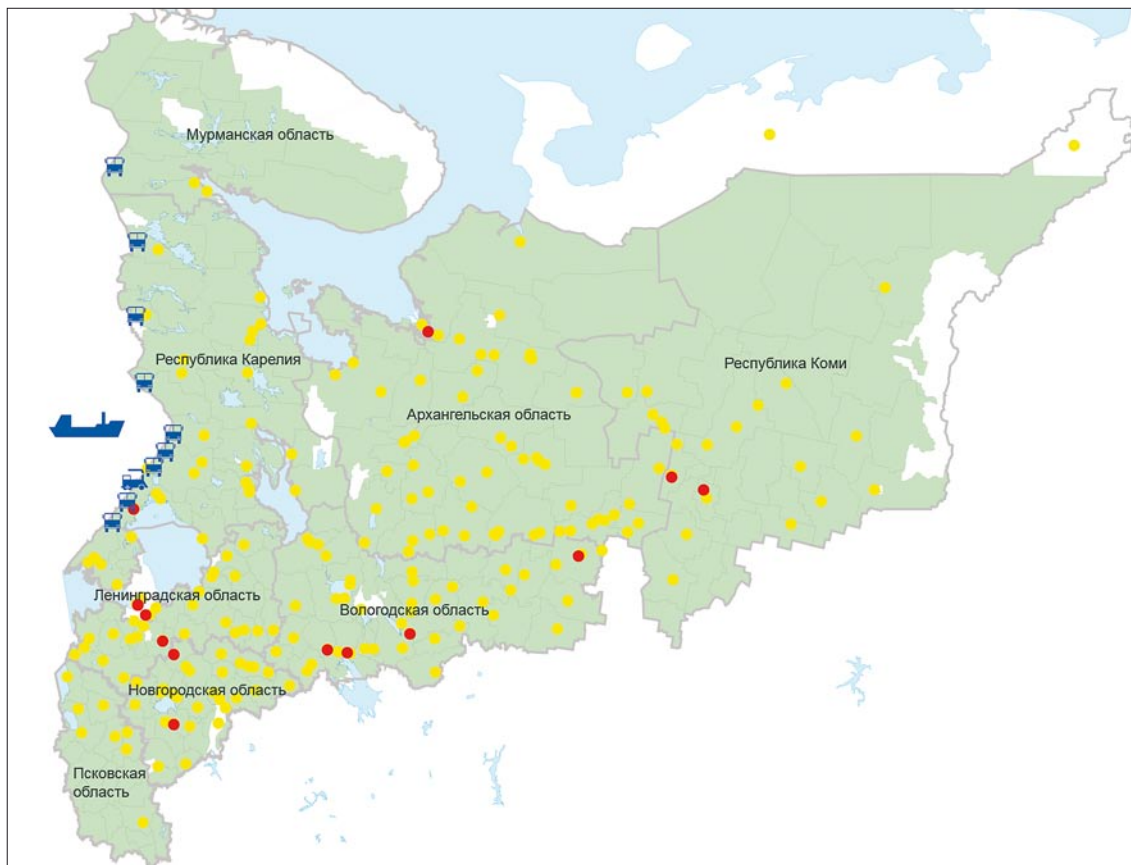


Рис. 2.18. Расположение лесозов (показаны зеленым цветом), лесопильных предприятий (желтым), фанерных заводов (красным) и возможные пункты пересечения границы (синим).

Возможные объемы поставок энергетической древесины

Потенциал поставок энергетической древесины был оценен для двух источников: лесозаготовки и механической деревообработки. Рис. 2.19 показывает распределение потенциала энергетической древесины, рассчитанного на основе фактического производства в 2006 году, между лесозаготовками, производством пиломатериалов и выпуском фанеры (Gerasimov & Karjalainen 2009a).

Возможные объемы поставок энергетической древесины от лесозаготовок

Результаты обзора лесозаготовок показали, что общее количество производимой энергетической древесины равно примерно 20,5 млн м³/год. Распределение по регионам потенциала энергетической древесины от лесозаготовок в зависимости от расстояния до пунктов пересечения границы показано на Рис. 2.20. Отличия в объемах поставок объясняются разной интенсивностью рубок, породным составом и т. д. Общий объем энергетической древесины включает 65% дровяной древесиной, 16% лесосечных отходов и 19% еловых пней.

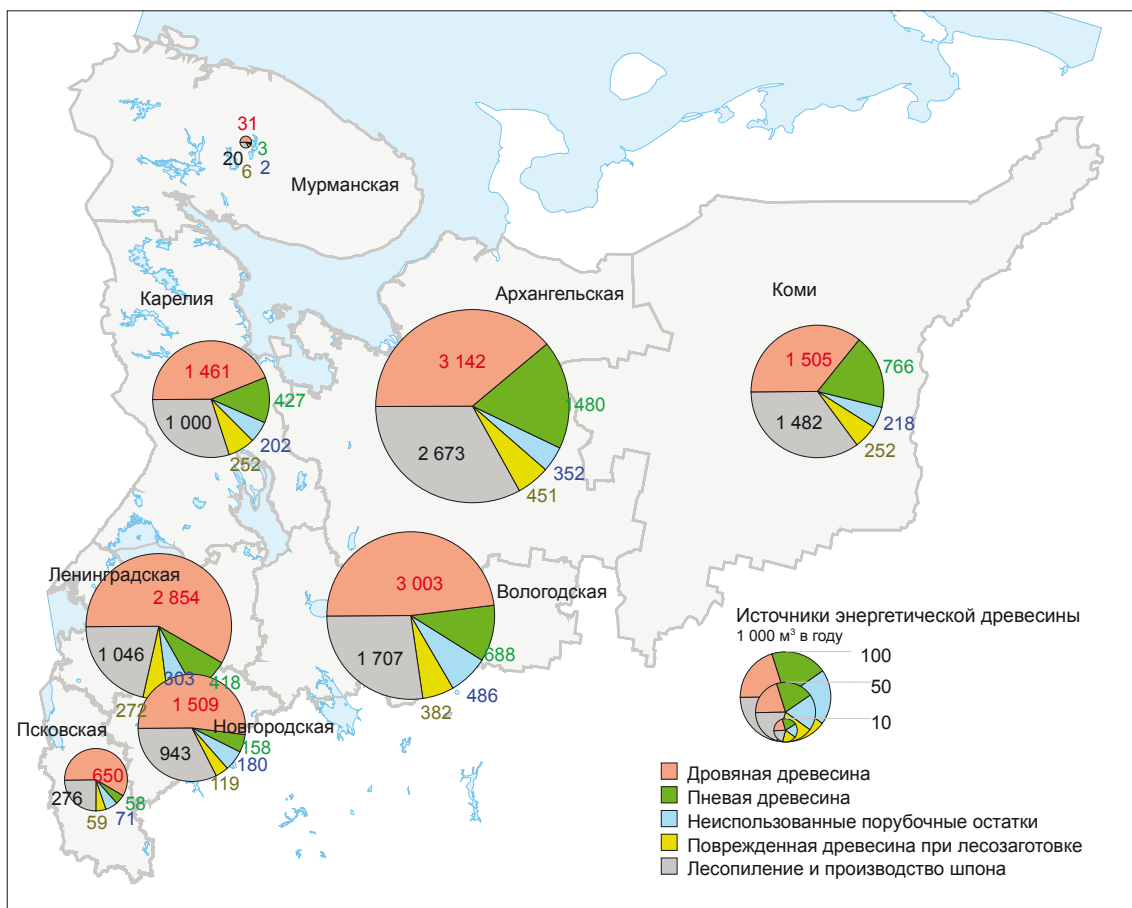


Рис. 2.19. Распределение потенциала энергетической древесины, рассчитанного на основе фактического производства в 2006 году, между лесозаготовками, производством пиломатериалов и выпуском фанеры.

Возможные объемы поставок энергетической древесины образующейся при механической обработке древесины

Результаты обзора механической обработки древесины показали, что общий потенциал энергетической древесины в этом случае равен примерно 9,8 млн м³/год. Распределение по регионам потенциала энергетической древесины от механической деревообработки в зависимости от расстояния до пунктов пересечения границы показано на Рис. 2.21. Различия в объемах поставок объясняются разницей в производстве пиломатериалов и фанеры. Значительные объемы энергетической древесины доступны при расстоянии вывозки от 1100 до 1200 км, что объясняется наличием нескольких крупных лесопильных заводов рядом с Архангельском. Примерно половину энергетической древесины от механической обработки составляет щепа, 30% опилки и 20% кора (Девяткин 1999).

Стоимость поставки энергетической древесины к российско-финляндской границе

Расчет стоимости поставки энергетической древесины к российско-финляндской границе был сделан для каждого из рассмотренных видов транспорта – железнодорожного, автомобильного и водного (Таблица 2.2).

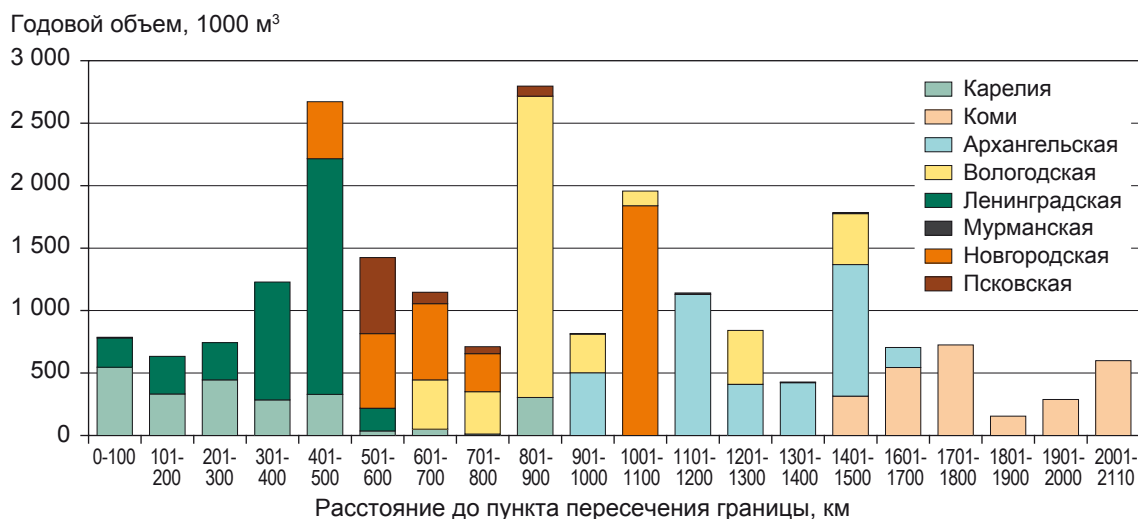


Рис. 2.20. Возможные объемы поставки энергетической древесины от лесозаготовок в зависимости от расстояния до пунктов пересечения границы.

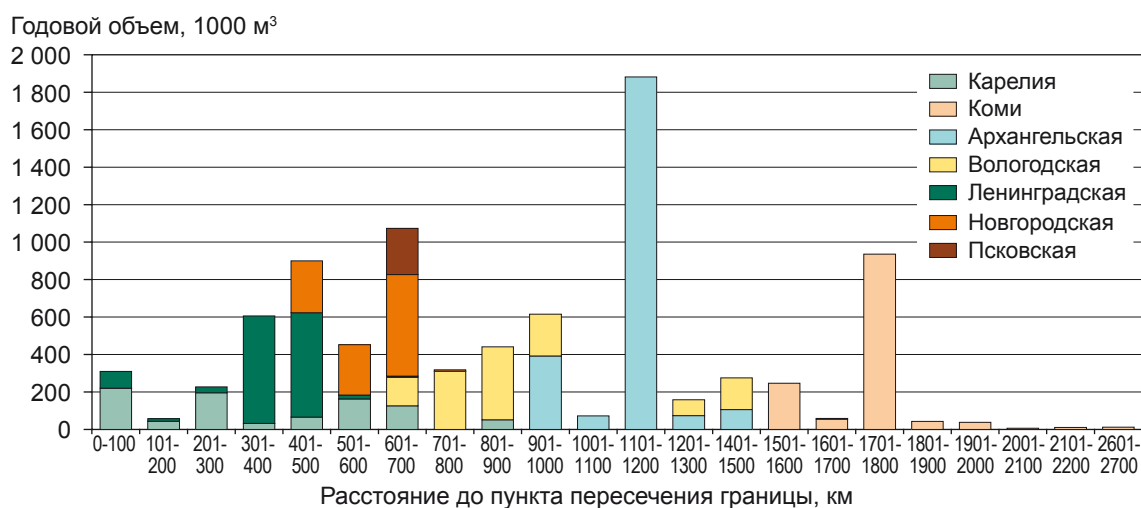


Рис. 2.21. Возможные объемы поставки энергетической древесины от механической деревообработки в зависимости от расстояния до пунктов пересечения границы.

Таблица 2.2. Возможные объемы поставки энергетической древесины в зависимости от происхождения и вида транспорта в 2006 году, 1000 м³.

Вид транспорта	Лесозаготовки	Механическая деревообработка	Всего
Железнодорожный	19 479	8 309	27 788
Автомобильный	268	1 339	1 607
Водный	764	164	928
Всего	20 511	9 812	30 323

Стоимость поставки энергетической древесины, получаемой при лесозаготовках

Совокупная средняя стоимость поставки энергетической древесины была рассчитана на основе расчета стоимости поставки древесины для каждого из лесхозов. Общий объем поставок энергетической древесины изменяется от года к году, а стоимость поставки отличается для разных пунктов пересечения границы. Полученные оценки средней стоимости поставки энергетической древесины находятся в пределах 15,8–57,5 €/м³. Стоимость поставки была рассчитана для всех рассмотренных видов транспорта, разброс значений средней стоимости объясняется расположением лесосек, т.е. разницей в расстояниях вывозки. Стоимость поставки энергетической древесины железнодорожным транспортом к пункту пересечения границы Вяртсиля/Ниирала меняется от 27,2 до 57,5 €/м³, совокупная стоимость поставки показана на Рис 2.22. Стоимость поставки энергетической древесины автомобильным транспортом к

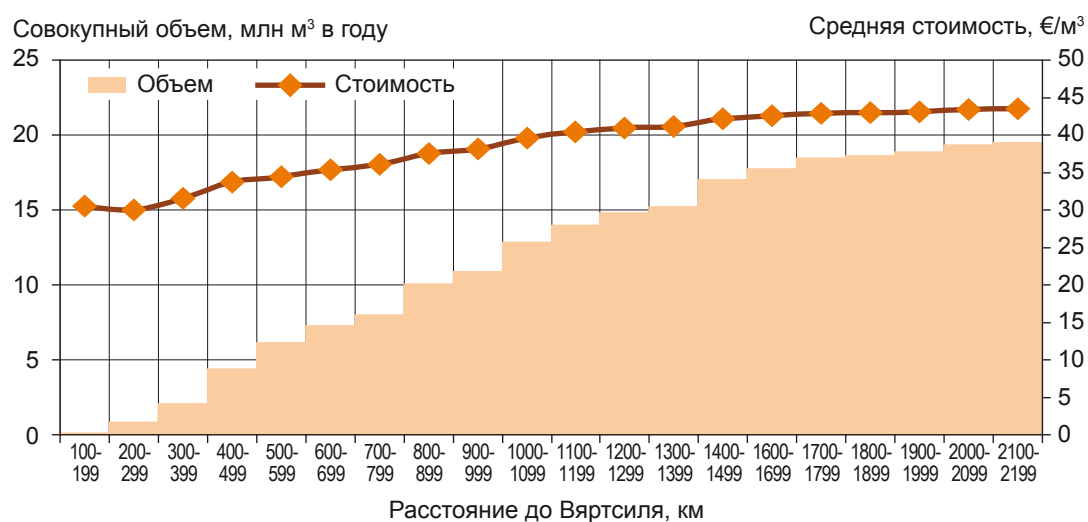


Рис. 2.22. Совокупная средняя стоимость поставки железнодорожным транспортом энергетической древесины, получаемой при лесозаготовках, к пункту пересечения границы Вяртсиля/Ниирала (расстояние показано до российской железнодорожной станции Вяртсиля).

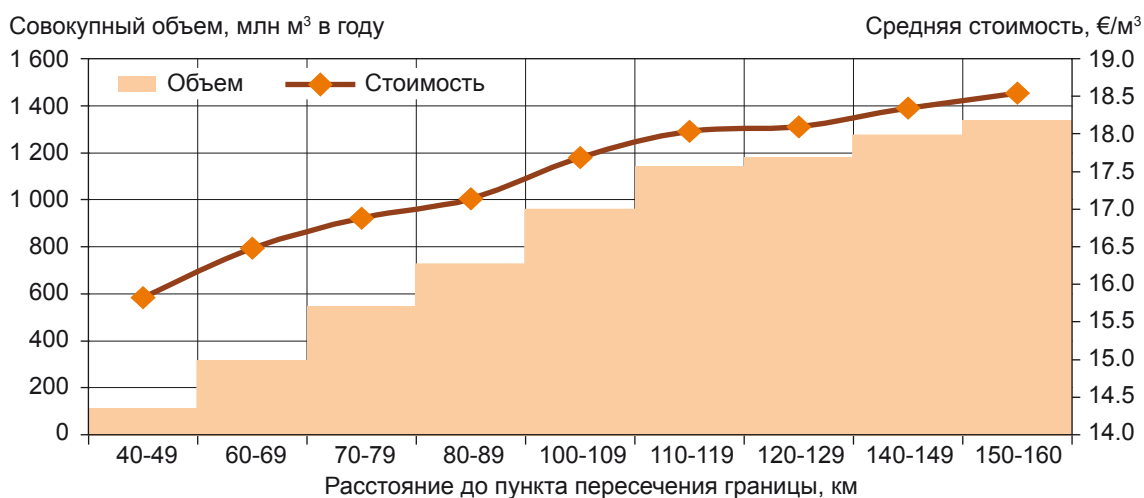


Рис. 2.23. Совокупная средняя стоимость поставки автомобильным транспортом энергетической древесины, получаемой при лесозаготовках, к пункту пересечения границы. Масштаб оси абсцисс нелинейный.

данному пункту пересечения границы меняется от 15,8 до 22,2 €/м³, совокупная стоимость поставки показана на Рис. 2.23. Стоимость поставки энергетической древесины водным транспортом из Онежского озера к озеру Саймаа меняется от 45,0 до 47,9 €/м³.

Совокупная средняя стоимость поставки отражает среднюю стоимость поставки определенного объема энергетической древесины. Например, если потребителю требуется 5 млн м³ энергетической древесины, то из Рис. 2.22 видно, что средняя стоимость поставки этого количества энергетической древесины равна примерно 36 €/м³ при максимальном расстоянии вывозки железнодорожным транспортом равном 532 км.

Стоимость поставки энергетической древесины зависит от видов транспорта, так как они имеют разную себестоимость транспортировки. На Рис. 2.23 показана средняя стоимость сбора и измельчения энергетической древесины на лесосеке и прямой транспортировки до пункта пересечения границы. Из рассмотренных вариантов самой низкой была стоимость поставки топливной щепы автомобильным транспортом напрямую до пунктов пересечения границы. На Рис. 2.22 показана средняя стоимость сбора и измельчения энергетической древесины на лесосеке и транспортировки автомобильным транспортом к ближайшей железнодорожной станции, а также стоимость транспортировки железнодорожным транспортом до пункта пересечения границы. Стоимость производства топливной щепы и альтернативные издержки одинаковы для всех рассмотренных способов транспортировки энергетической древесины, однако транспортные затраты отличаются в зависимости от расположения лесосек, т.е. в зависимости от дистанции вывозки до железнодорожной станции или до пункта пересечения границы.

Стоимость поставки энергетической древесины, образующейся при механической обработке древесины

Совокупная средняя стоимость поставки энергетической древесины была рассчитана на основе расчета стоимости поставки энергетической древесины с лесопильных и фанерных заводов для всех рассмотренных видов транспорта. Общий объем энергетической древесины меняется от года к году, а стоимость поставки отличается для разных пунктов пересечения границы. Полученные значения средней стоимости поставки лежат в пределах от 9,6 до 47,3 €/м³. На Рис. 2.24 и Рис. 2.25 показано изменение значений средней стоимости поставки

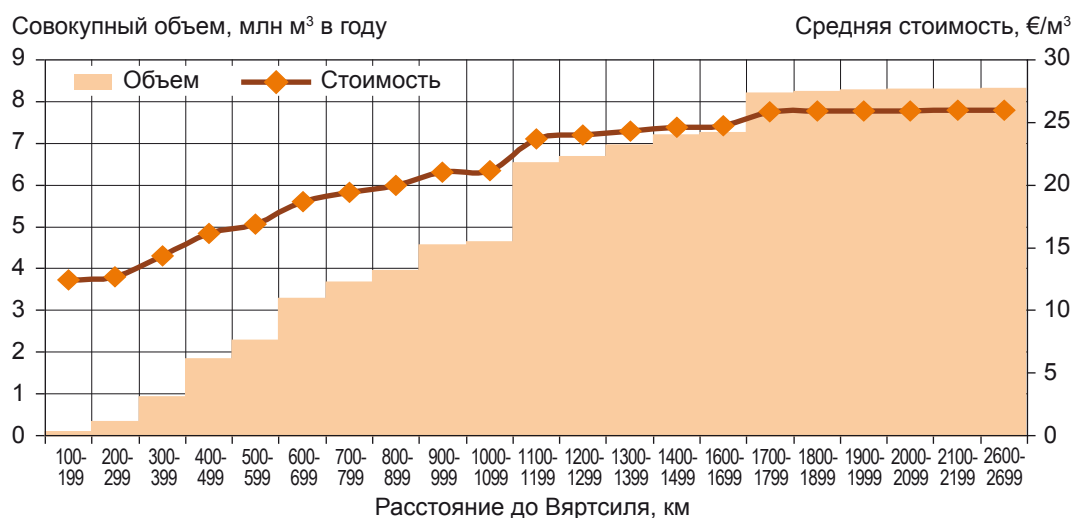


Рис. 2.24. Совокупная стоимость поставки энергетической древесины железнодорожным транспортом с лесопильных и фанерных предприятий к пункту пересечения границы Вяртсиля/Ниирала. Масштаб оси абсцисс нелинейный.

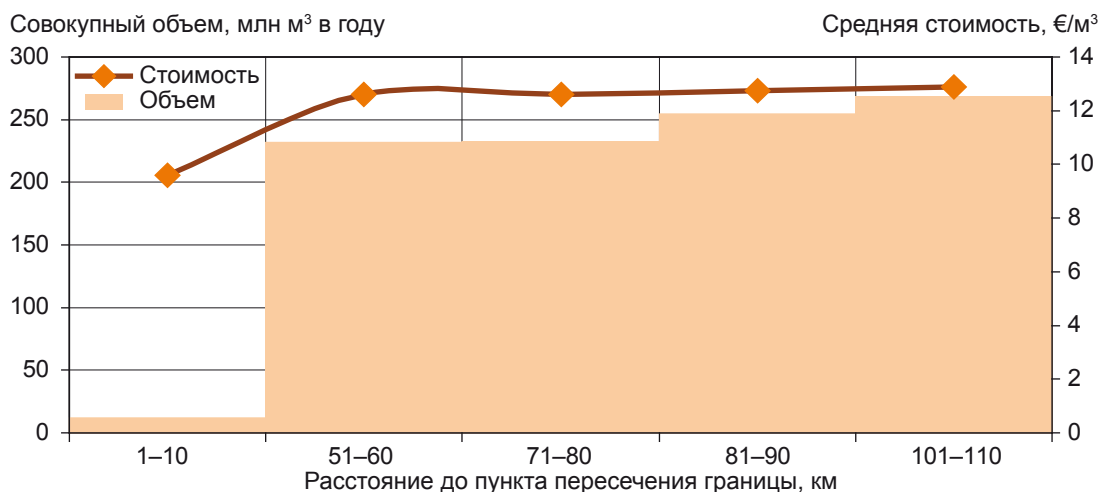


Рис. 2.25. Совокупная стоимость поставки энергетической древесины автомобильным транспортом с лесопильных и фанерных предприятий. Масштаб оси абсцисс нелинейный.

энергетической древесины для всех видов транспорта. Различия в объемах поставок объясняются разными объемами производства рассмотренных предприятий. Стоимость поставки энергетической древесины железнодорожным транспортом к пункту пересечения границы Вяртсиля/Ниирала колеблется от 11,7 до 47,3 €/м³, совокупная средняя стоимость поставки показана на Рис. 2.24. Стоимость поставки энергетической древесины автомобильным транспортом к этому пункту пересечения границы лежит в пределах от 9,6 до 15,4 €/м³, совокупная средняя стоимость поставки показана на Рис. 2.25. Стоимость поставки энергетической древесины водным транспортом из Онежского озера до озера Саймаа около 28 €/м³.

Совокупная стоимость поставки отражает среднюю стоимость поставки определенного объема энергетической древесины с лесопильных и фанерных предприятий. Например, если потребителю требуется 4 миллиона м³ энергетической древесины, то из Рис. 2.24 видно, что средняя стоимость поставки этого объема энергетической древесины будет около 20 €/м³ при максимальном расстоянии вывозки по железной дороге равном 900 км.

Стоимость поставки энергетической древесины различается в зависимости от вида транспорта, так как они имеют разную себестоимость транспортировки. На Рис. 2.25 показана средняя стоимость измельчения энергетической древесины на предприятиях и стоимость ее прямой транспортировки автомобильным транспортом до пункта пересечения государственной границы. Наименее затратным для поставки энергетической древесины было использование автомобильного транспорта. На Рис. 2.24 показана средняя стоимость производства щепы на предприятиях, стоимость транспортировки энергетической древесины автомобильным транспортом до железнодорожной станции и стоимость транспортировки древесины железнодорожным транспортом до пункта перехода государственной границы. Для данного источника энергетической древесины стоимость измельчения энергетической древесины и альтернативные издержки были одинаковы для всех рассмотренных способов транспортировки энергетической древесины, однако транспортные затраты отличаются в зависимости от расположения предприятий, т. е. в зависимости от дистанции вывозки до пункта пересечения границы.

Выводы

Главной целью этого исследования была оценка доступности (валовой возможности поставки) и стоимости поставки энергетической древесины, получаемой при лесозаготовках и механической обработке древесины на Северо-Западе России. Предложенная модель предоставила основу для оценки стоимости поставки энергетической древесины для возможных биоэнергостанций в Финляндии и определения вариативности стоимости производства щепы, альтернативных издержек и транспортных затрат. Отдельно должно быть отмечено, что в этом исследовании была оценена стоимость поставки энергетической древесины, а не рыночные цены, которые определяются рынком на основе спроса и предложения.

При проведении этого исследования, из-за нехватки данных, было сделано несколько предположений, однако возможно провести более детальные исследования для получения лучших результатов:

- Среднее расстояние вывозки от лесосеки до железнодорожной станции была рассчитана на основе данных, предоставленных лесозаготовительными компаниями по регионам. Лучшим вариантом было бы использование данных на уровне отдельных участков для всех лесов, однако в некоторых случаях это невозможно.
- Стоимость транспортировки энергетической древесины была рассчитана с использованием данных, полученных от лесозаготовительной компании в 2007–2008 годах. Изменения топливных и других цен влияли на стоимость поставки.
- Несмотря на разные типы дорожного покрытия, во всех случаях одинаковая стоимость транспортировки за километр. В действительности, транспортные затраты могут отличаться в зависимости от типа дорожного покрытия.
- Для определения затрат на сбор и измельчение энергетической древесины использовались доступные данные по конкретным системам в Республике Карелия и Ленинградской области. Необходимо провести дополнительные исследования, чтобы точно установить эти затраты и выяснить, существует ли возможность их снижения.
- Опубликованные данные по альтернативным издержкам для опилок, коры и щепы отсутствуют. Используемые данные были достоверными для рассмотренных регионов, так как представляли собой фактическую информацию. Однако эти данные могут не подходить для других регионов, поэтому в будущем необходимо будет учитывать данные для конкретных регионов.

Для 8 регионов Северо-Запада России были оценены возможные объемы и стоимость поставки энергетической древесины. В качестве энергетической древесины были рассмотрены отходы, получаемые при лесозаготовках и механической обработке древесины. Объемы энергетической древесины были определены, исходя из фактического уровня лесозаготовок и производства пиломатериалов и фанеры в 2006 году. Общий объем энергетической древесины был оценен в 30,7 млн м³. Около 30,5 млн м³ энергетической древесины находится в транспортной доступности, остальной объем энергетической древесины недоступен из-за неразвитости транспортной инфраструктуры в Республике Коми и в Архангельской области. Около 70% всего объема энергетической древесины образовывалось при лесозаготовках – это дровяная древесина, неиспользованные лесосечные отходы, древесина, поврежденная при заготовке, еловые пни после сплошных рубок. На лесопильных и фанерных предприятиях образовывалось 30% энергетической древесины: щепа, опилки и кора. Стоимость поставки энергетической древесины к возможным пунктам пересечения российско-финляндской границы была проанализирована для 3 видов транспорта. Стоимость поставки энергетической древесины железнодорожным транспортом к пункту пересечения границы Вяртсила/Ниирала была в пределах от 28,9 до 43,5 €/м³. Общий объем был оценен в 27,8 млн м³, максимальная дистанция вывозки до пограничной станции равнялась 2110 км. Наименее затратным видом

транспорта при доставке энергетической древесины к пунктам пересечения границы был признан автомобильный транспорт. Стоимость доставки энергетической древесины при использовании автомобильного транспорта составляла от 15,8 до 18,5 €/м³. Однако, в этом случае объем ограничивался поставками с территории вдоль границы с Финляндией шириной 200 км и составил 1,6 млн м³. Водный транспорт был наиболее дорогим видом транспорта для поставки энергетической древесины к районам озера Саймаа, в этом случае стоимость поставленной энергетической древесины была от 45,0 до 47,9 €/м³. Здесь энергетическая древесина могла поставляться в объеме 0,8 млн м³ из регионов вокруг Онежского озера не имеющих прямого соединения с железными дорогами.

Результаты данного исследования могут быть использованы для планирования поставок энергетической древесины из Северо-Западного региона России в Финляндию. Разработанная модель, однако, может быть также использована для планирования снабжения энергетической древесиной регионов России и экспорта в другие страны. Приведенные результаты являются предварительными и для их практического применения необходимо проведение более полных исследований.

Литература

- Арабкин, В. 2003. Жизнь за счет ресурсов. Эксперт Северо-Запад 19 (128). Доступно на: <http://www.expert.ru/printissues/northwest/2003/19/19no-seco2/>.
- Григорьев, М. 2007. Повышение роли местных топливно-энергетических ресурсов в обеспечении энергетической безопасности Северо-Запада России. Газовый бизнес, Июль-Август 2007: 28–34.
- Девяткин, В. (гл. ред.). 1999. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. Государственный комитет РФ по охране окружающей среды. 65 с.
- Gerasimov, Y. & Karjalainen, T. 2009a. Assessment of energy wood resources in Northwest Russia. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 108. 52 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp108.htm>.
- Gerasimov, Y., and T. Karjalainen. 2009. Estimation of supply and delivery cost of energy wood from Northwest Russia. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 123. 21 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp123.htm>.
- IPCC 2007. Climate change 2007. Mitigation of climate change. Working group III contribution to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 851 с.
- Nord-Larsen, T. & Talbot, B. 2004. Assessment of forest-fuel resources in Denmark: technical and economic availability. Biomass and Bioenergy 27: 97–109.
- Russia Energy Survey. 2002. International Energy Agency, Paris; 2002. 278 с.
- Voivontas, D., Assimacopoulos, D. & Koukios, E.G. 2001. Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method. Biomass and Bioenergy 20: 101–112.

3 Заготовка деловой и энергетической древесины

3.1 Производительность и затраты

3.1.1 Производительность харвестеров в ходе сплошных рубок на севере Европейской части России

Введение

Эта глава представляет результаты исследования проведенного Gerasimov, Senkin and Väätäinen (2011).

Машинизированная система для заготовки древесины с использованием сортиментного метода и однозахватного харвестера стала широко использоваться лесной промышленностью в лесах умеренной и бореальной зон, особенно в северных странах. Сегодня, почти 100% лесозаготовок в Швеции и Финляндии выполняются с использованием системы харвестер-форвардер (Statistical yearbook 2009; Asikainen et al. 2009). В России значительный прогресс был сделан в последнюю декаду в применении сортиментного метода и его механизации, особенно на севере Европейской части России. Лесозаготовительные системы для сортиментного метода по сравнению с системами для хлыстового метода и заготовки деревьями снижают потребности в рабочей силе, улучшают безопасность труда и уменьшают риск для окружающей среды и размеры погрузочных площадок (Gellerstedt and Dahlin 1999; Gerasimov 2004). На практике машинизированная система для заготовки древесины деревьями, состоящая из валочно-пакетирующей машины, трелевочного трактора и сучкорезной машины или процессора, имеет большую производительность по сравнению с системой для сортиментной заготовки на основе однозахватного харвестера и форвардера, так как каждая операция осуществляется специализированной машиной (Gingras 1994; Yaoxiang et al. 2006; Adebayo et al. 2007; Syunev et al. 2009). Проведенные исследования (Gingras 1994; Yaoxiang et al. 2006; Adebayo et al. 2007) показали, что затраты при применении сортиментного метода лесозаготовки на 8–33% больше по сравнению с затратами на заготовку деревьями. Однако на севере Европейской части России высокая производительность при заготовке деревьями не означает меньшие затраты по сравнению с сортиментной заготовкой (Syunev et al. 2009). К тому же, следует иметь в виду, что большинство исследований проводились ранее, в условиях, когда сортиментный метод был новым, только что введенным лесозаготовительным способом, а заготовка деревьями была широко используемым методом. Более того, эти исследования проводились на делянках, на которых древостой не был пройден рубками ухода. Принимая во внимание то, что машинизированный сортиментный метод еще только осваивается в России, тогда как заготовка деревьями была разработана во времена Советского Союза и широко использовалась, дальнейшее улучшение производительности систем для сортиментного метода повысит экономическую эффективность лесозаготовительных операций в России. В настоящее время доля заготовки деревьями в общем объеме рубок составляет приблизительно 50%, доля сортиментного метода 30% и на хлыстовой метод заготовки приходится 20%. Доля сортиментной заготовки быстро увеличивалась в последнее время. В некоторых регионах России, например, в Карелии и Ленинградской области, уже сейчас более 70% рубок осуществляется с применением системы харвестер-форвардер (Gerasimov & Sokolov 2008).

Производительность харвестера зависит от многих факторов, таких, как состав древостоя, участок, характер поверхности, рельеф, мотивация и навыки оператора, характер крон, планирование работ, размер деревьев, число видов сортиментов, количество деревьев

на участке, густота подроста и конструктивные особенности машин (Jiroušek et al. 2007; Kärhä et al. 2004; Spinelli et al. 2002; Ward 2002; Bulley 1999; Makkonen 1991; Richardson 1989). В особенности, производительность харвестера тесно связана с объемом ствола и породным составом древостоя (Gellerstedt and Dahlin 1999; Bulley 1999; Stampfer 1999; Makkonen 1991; Richardson 1989; Lageson 1997; Richardson 1989). Существующие модели для определения производительности однозахватных харвестеров (Väättäinen et al. 2005; Kuitto et al. 1994; Nurminen et al. 2006; Jiroušek et al. 2007; Ruynänen and Rönkko 2001; Spinelli et al. 2002; McNeel and Rutherford 1994; Adebayo et al. 2007; Puttock et al. 2005; Kärhä et al. 2004) подходят, главным образом, для бореальных лесов, пройденных рубками ухода, лесных плантаций и хвойных пород. Всего лишь несколько исследований, в которых изучалась производительность однозахватных харвестеров, были выполнены в лесах России, не пройденных рубками ухода (Syuney et al. 2009; Gerasimov et al. 2009). Целью данного исследования было разработать модель производительности харвестера как функцию от породного состава и среднего объема хлыста. С помощью такой модели потенциальные пользователи технологий для сортиментной заготовки могут определить собственные затраты на заготовку в различных условиях и оценить конкурентоспособность по сравнению с традиционными системами для заготовки деревьями. Результаты этого исследования смогут облегчить адаптацию сортиментного метода к условиям непрореженных смешанных лесов, особенно в тех компаниях, где изношенная отечественная техника и дешевая рабочая сила не стимулируют инвестиции в специально спроектированные лесные машины.

Данные и методы

Полевые исследования были проведены в типичных условиях севера Европейской части России в 2008–2009 годах (Рис. 3.1).

Среднеразмерные колесные харвестеры John Deere (JD) 1270D с двигателем мощностью 160 кВт и рабочим весом 17 тонн были использованы в ходе полевых исследований. Все изученные харвестеры были оборудованы харвестерными головками JD 758 HD. В полевых условиях были изучены 38 харвестеров в 2008–2009 годах, из которых 9 работали в Карелии, 8 – в Вологодской и Архангельской областях, 16 – в Республике Коми, 2 – в Ленинградской и Тверской области и 1 – в Кировской области. Объем полученной древесины составил 1,4 млн м³. Харвестерами было заготовлено 4,3 миллиона деревьев. Вырубленные участки леса до этого не были пройдены рубками. Типичный исследовательский участок представлял собой разновозрастный смешанный древостой. Породный состав такой лесосеки включал ель (48%), сосну (19%), березу (22%) и осину (11%). Средний объем ствола на исследуемых лесосеках был между 0,13 и 0,53 м³, среднее значение 0,31 м³. Общий объем ликвидной древесины на участках был от 100 до 300 м³/га. Средний запас в изученных регионах был 152 м³, а среднее количество деревьев – 490 на гектар. Типичные почвы – глины, суглинки и супеси. Распределение объемов стволов и пород по регионам представлено в Таблице 3.1.

Харвестеры работали 7 дней в неделю, 24 часа в сутки, разделенных на дневную и ночную смены. Число разных типов заготовленных сортиментов было от 8 до 10, включая пиловочник и балансы из ели, сосны и березы, тонкомерный еловый/сосновый пиловочник, осиновые балансы и дровяную древесину (Gerasimov and Seliverstov 2010).

Производительность каждого харвестера автоматически замерялась при выполнении обычных операций на лесосеках. Для сбора данных о производительности использовалась программа TimberLink 2.0 – новая версия системы мониторинга производительности и состояния машин JD. Собранные данные о производительности были перенесены с харвестеров для камеральной обработки с помощью накопителя на флэш-памяти. Процедура сбора данных состояла из получения предварительной информации, такой, как дата, время



Рис. 3.1. Расположение мест полевых исследований на карте северной части Европейской России.

Таблица 3.1. Распределение заготовленных деревьев по породам (P) и среднему объему ствола (v).

Регион	Заготовленный объем, 1 000 м ³	Средний объем ствола, м ³	Сосна		Ель		Береза		Осина	
			$P, \%$	$v, \text{м}^3$	$P, \%$	$v, \text{м}^3$	$P, \%$	$v, \text{м}^3$	$P, \%$	$v, \text{м}^3$
Карелия	236	0,28	40	0,41	45	0,22	11	0,30	4	0,42
Вологодская обл.	298	0,31	6	0,58	55	0,27	28	0,34	11	0,46
Коми	685	0,32	16	0,33	50	0,30	22	0,32	12	0,49
Ленинградская обл.	52	0,34	5	0,42	37	0,25	27	0,38	31	0,45
Тверская обл.	70	0,38	43	0,41	28	0,32	16	0,36	13	0,42
Кировская обл.	30	0,38	7	0,75	62	0,32	27	0,48	4	0,88
Регионы в общем	1 371	0,31	19	0,38	48	0,27	22	0,33	11	0,47

работы, время обработки, время движения, объем ствола, древесные породы и число деревьев, производительность обработки, расход топлива и некоторую дополнительную информацию. Дополнительная информация включала имя подрядчика, тип машины и харвестерной головки, а также местонахождение.

Лесозаготовительные операции изученных харвестеров были разделены на два отдельных временных элемента, которые были записаны с помощью системы TimberLink. Один из

временных элементов охватывал операции по выбору ствола, а второй временной элемент объединял операции по обработке ствола (обрезка сучьев и раскряжевка). Операции выбора ствола включают в себя все действия от заезда машины на делянку и движения манипулятором до начала спиливания ствола. Система TimberLink записывала время каждого действия в пределах операции по выбору ствола: время передвижения машины, время движения манипулятора и другое время.

Операции обработки ствола состоят из спиливания ствола, переноса ствола, обрезки сучьев и раскряжевки. TimberLink отмечал время, затраченное на каждую из операций по обработке ствола, при обработке стволов различных размеров.

Измерительная система харвестерных головок была использована для измерения диаметров секций и длин каждого дерева, для определения объемов стволов. Производительность машин была определена в м³ древесины заготовленной за 1 эффективный машино-час (*PMH*) и за 1 машино-час обработки ствола (*SprocMH*).

Эффективный машино-час *PMH* – это время выполнения машиной лесозаготовительных операций за вычетом задержек (технические поломки и прочие задержки). Таким образом, это время, затраченное машиной на выполнение своей главной задачи, а также время, затраченное на сопутствующие задачи. Короткие задержки, которые не могут быть легко отделены от производственной деятельности, были включены в эффективное время.

Машино-час обработки ствола (*SprocMH*) – это время, в течение которого машина выполняет операции валки и обработки ствола (спиливание ствола, обрезка сучьев, раскряжевка и движения харвестерной головкой). Отношение машино-часа обработки ствола (*SprocMH*) к эффективному машино-часу (*PMH*) было выражено через коэффициент времени обработки ствола *SprocR*. Все данные полевых исследований были отфильтрованы в разные категории с использованием программы Excel, а кривые производительности были проанализированы с помощью SPSS 15.0 для Windows.

Результаты

Коэффициент времени обработки ствола (*SprocR*) для каждого из харвестеров изменялся в широких пределах от 0,17 до 0,45 со средним значением 0,34 (Таблица 3.2).

В Тверской, Ленинградской и Кировской областях среднее значение коэффициента времени обработки ствола *SprocR* было на 38% меньше, чем в Вологодской области.

Производительность обработки ствола разными харвестерами была от 15 до 60 м³ за один *SprocMH* (Рис. 3.2).

Таблица 3.3. показывает соотношение между средней производительностью машин, м³/*SprocMH* и средним объемом ствола для каждого из харвестеров по регионам.

Было обнаружено, что размеры и породы деревьев являются наиболее значимыми факторами, влияющими на производительность.

Таблица 3.2. Распределение *SprocR* по регионам.

Регион	Коэффициент времени обработки ствола <i>SprocR</i>		
	Мин.	Макс.	Среднее
Республика Карелия	0,23	0,43	0,30
Вологодская область	0,19	0,45	0,39
Республика Коми	0,30	0,41	0,35
Тверская, Ленинградская и Кировская области	0,17	0,34	0,25
Регионы в общем	0,17	0,45	0,34

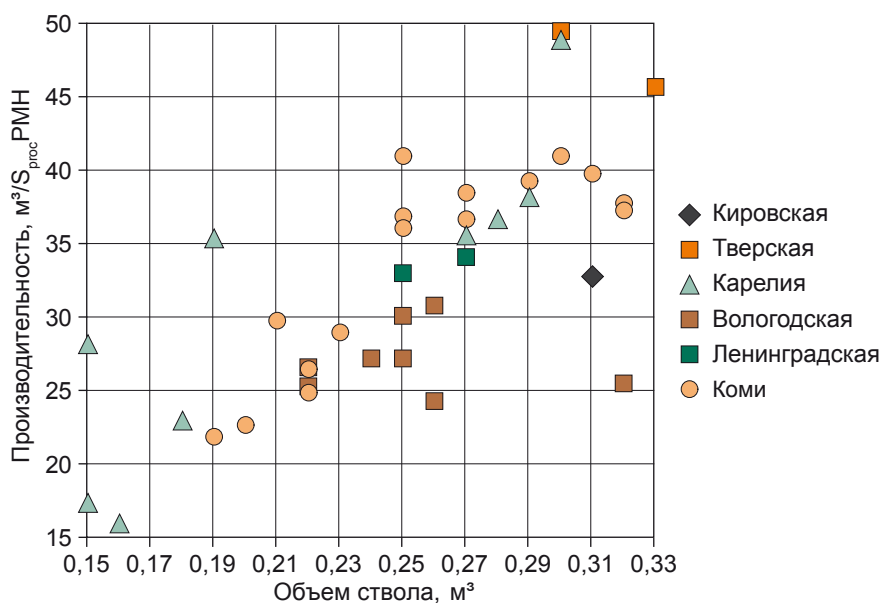


Рис. 3.2. Отмеченные значения соотношения между объемом ствола и производительностью за $S_{procPMH}$ для исследованных харвестеров.

Таблица 3.3. Средняя производительность машин, m^3/S_{procMH} и средний объем ствола по ключевым регионам северной части Европейской России.

<i>i</i>	Группа ствольных объемов, м ³	Средняя производительность харвестера, м ³ / S_{procMH}			
		Карелия	Вологодская обл.	Коми	Регионы в общем
1	2,71–3,20	111,6	114,0	119,8	118,6
2	2,21–2,70	109,5	102,3	114,2	111,1
3	1,71–2,20	101,4	95,0	109,1	104,9
4	1,21–1,70	95,1	83,6	94,5	92,7
5	0,81–1,20	75,0	71,2	78,9	77,1
6	0,51–0,80	59,4	56,5	62,9	61,5
7	0,31–0,50	43,8	42,1	47,4	46,1
8	0,16–0,30	29,6	28,5	32,7	31,3
9	≤0,15	13,7	13,8	15,8	14,9

Кривая производительности, основанная на данных, собранных со всех харвестеров, включенных в это исследование, была построена, используя степенную регрессионную модель со значением коэффициента детерминации 0,9:

$$P_1 = b_0 \times v^{b_1}$$

где,

P_1 – производительность харвестера за машино-час обработки ствола (m^3/S_{procMH}),

v – объем ствола (m^3),

b_0 и b_1 – переменные регрессионной модели, представлены в Таблице 3.4 для каждой древесной породы и региона.

Рис. 3.3 показывает зависимость между объемом ствола и производительностью (ось ординат) для различных древесных пород и регионов северной части Европейской России.

Таблица 3.5 показывает распределение заготовленных деревьев по объемам стволов и породам деревьев.

Таблица 3.4. Переменные степенной регрессионной модели по древесным породам и регионам.

s	Порода	Переменные степенной регрессионной модели							
		Карелия		Вологодская обл.		Коми		Регионы в общем	
		b_0	b_1	b_0	b_1	b_0	b_1	b_0	b_1
1	Сосна	69,638	0,595	66,068	0,565	74,223	0,575	71,844	0,582
2	Ель	65,959	0,627	63,486	0,574	72,260	0,556	69,061	0,576
3	Береза	69,248	0,655	59,091	0,559	72,229	0,557	68,451	0,581
4	Осина	71,895	0,520	72,980	0,579	75,089	0,556	74,719	0,552

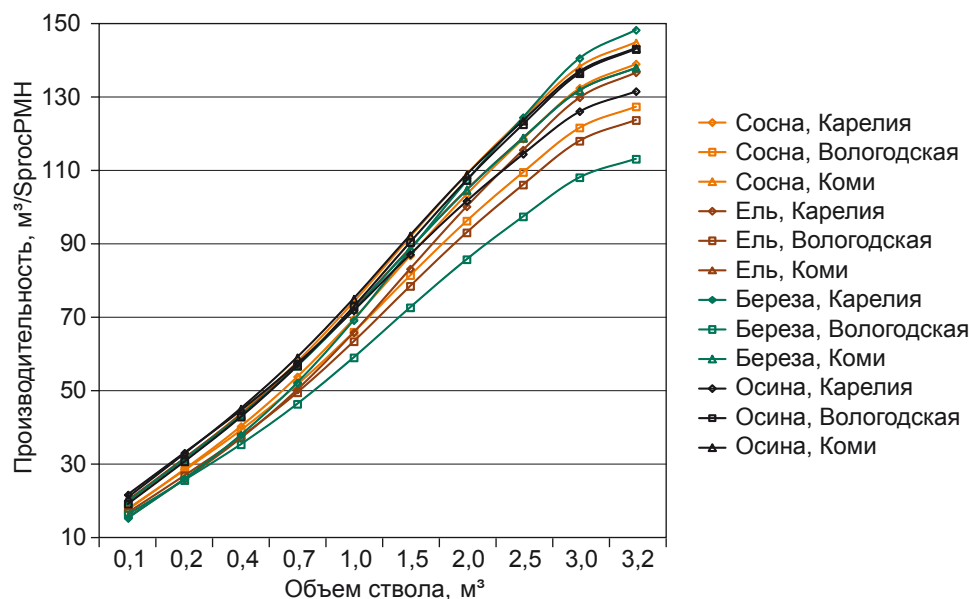


Рис. 3.3. Зависимость между объемом ствола и производительностью ($m^3/S_{proc}PMH$) для различных древесных пород и регионов.

Производительность однозахватного харвестера, выраженная в m^3 за эффективный машино-час (PMH) в условиях севера Европейской части России, может быть оценена с помощью формулы, представленной ниже, и переменных, приведенных в Таблицах 3.3–3.6:

$$P_2 = S_{proc}R \times \sum_s P_s b_0 \sum_i D_i v_i^{b_1}$$

где,

P_2 – производительность харвестера за эффективный машино-час (m^3/PMH),

$S_{proc}R$ – коэффициент времени обработки ствола,

v – объем ствола (m^3),

s – древесная порода (1=сосна, 2=ель, 3=береза, 4=осина),

P_s – объемная доля каждой древесной породы в общем объеме заготовленной древесины,

i – номер группы ствольных объемов ($i = 1-9$ в рассмотренных регионах),

D_i – доля каждой группы ствольных объемов в общем объеме заготовки

b_0 и b_1 – переменные для каждой древесной породы и региона из Таблицы 3.4.

В Таблице 3.6 даны результаты расчетов производительности харвестеров для Республики Карелия, Вологодской области, Республики Коми и для рассмотренных регионов в целом.

Таблица 3.5. Распределение заготовленных деревьев по объемам стволов и породам деревьев для всех рассмотренных регионов.

<i>i</i>	Группа ствольных объемов, м ³	Число заготовленных деревьев	Доля заготовленных деревьев в зависимости от объема, %			
			Сосна	Ель	Береза	Осина
1	2,71–3,20	1 585	0,04	0,06	0,01	0,04
2	2,21–2,70	7 016	0,16	0,25	0,07	0,12
3	1,71–2,20	23 282	0,53	0,79	0,27	0,34
4	1,21–1,70	73 843	1,70	2,34	1,05	1,47
5	0,81–1,20	200 888	4,62	6,26	3,37	5,15
6	0,51–0,80	457 038	10,50	14,18	8,60	12,12
7	0,31–0,50	699 412	16,07	19,53	14,60	17,87
8	0,16–0,30	1 019 159	23,42	23,53	23,10	25,51
9	≤0,15	1 868 974	42,95	33,00	48,92	37,35
	Всего	4351 197	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 3.6. Рассчитанная производительность, м³/ПМН, для возможных значений коэффициента времени обработки ствола ($S_{proc}R$) по регионам и древесным породам.

Коэф-фициент $S_{proc}R$	Республика Карелия					Вологодская область					Республика Коми					Регионы в целом				
	С	Е	Б	О	Ср	С	Е	Б	О	Ср	С	Е	Б	О	Ср	С	Е	Б	О	Ср
0,25	9,5	5,8	7,1	10,5	7,6	11,3	6,8	7,5	10,6	7,7	8,9	8,4	8,7	11,2	8,9	9,3	7,5	8,3	11,0	8,4
0,3	11,3	7,0	8,5	12,6	9,1	13,5	8,2	9,1	12,7	9,2	10,7	10,1	10,5	13,4	10,7	11,2	9,0	9,9	13,2	10,1
0,35	13,2	8,2	10,0	14,7	10,6	15,8	9,5	10,6	14,8	10,8	12,4	11,8	12,2	15,7	12,5	13,1	10,5	11,6	15,4	11,7
0,4	15,1	9,3	11,4	16,8	12,2	18,0	10,9	12,1	16,9	12,3	14,2	13,5	14,0	17,9	14,3	14,9	12,0	13,2	17,6	13,4
0,45	17,0	10,5	12,8	18,9	13,7	20,3	12,3	13,6	19,0	13,9	16,0	15,2	15,7	20,2	16,0	16,8	13,5	14,9	19,8	15,1
0,5	18,9	11,6	14,2	21,0	15,2	22,5	13,6	15,1	21,1	15,4	17,8	16,9	17,5	22,4	17,8	18,7	15,0	16,5	22,0	16,8
0,55	20,8	12,8	15,7	23,1	16,7	24,8	15,0	16,6	23,3	17,0	19,5	18,6	19,2	24,6	19,6	20,5	16,5	18,2	24,2	18,5

С-сосна, Е-ель, Б-береза, О-осина, Ср-средний породный состав в регионе

Значение коэффициента времени обработки ствола ($S_{proc}R$) было принято равным 0,25–0,55 с шагом увеличения, равном 0,05. Средняя производительность харвестера за ПМН ($R = 0,35$) в Республике Карелия равна 10,6 м³/ч (средний объем ствола $v = 0,28$ м³), в Вологодской области равна 10,8 м³/ч ($v = 0,31$ м³), в Республике Коми равна 12,5 м³/ч ($v = 0,32$ м³) и для всего севера Европейской части России производительность равна 11,7 м³/ч ($v = 0,31$ м³). Сравнивая при одной и той же величине коэффициента $S_{proc}R$ значения производительности харвестеров, полученные для рассмотренных регионов с учетом среднего размера ствола и древесных пород, больших различий в производительности не было выявлено.

Обсуждение

Это исследование основывалось на большом количестве данных. Данные о производительности были собраны для 38 харвестеров в 6 наиболее лесистых регионах Европейской части России. В этом исследовании были использованные данные о 4,3 миллионах заготовленных деревьев и 1,4 миллионах м³ обработанной древесины, что составляло 11% от общей годовой заготовки леса в Республике Коми (0,69 миллиона м³), 4% в Республике Карелия (0,24 миллиона м³) и 4% в Вологодской области (0,30 миллиона м³).

В общем, производительность за ПМН различалась в широких пределах между изученными харвестерами (от 4,3 до 14,9 м³, среднее значение 10,7 м³). Наименьшая средняя производительность для рассмотренных регионов была отмечена в Республике Карелия,

9,6 м³/PMH, а наибольшая – в Республике Коми 11,6 м³/PMH. Средние объемы ствола были 0,28 и 0,32 м³, соответственно. Производительность обработки ствола за 1 *SprocMH* также широко менялась между изученными харвестерами, от 16,0 до 49,5 м³, среднее значение 32,4 м³. Наименьшая производительность обработки ствола в рассмотренных регионах была отмечена в Вологодской области, 27,1 м³/*SprocMH*, а наибольшая – в Республике Коми, 33,7 м³/*SprocMH*.

Производительность харвестеров не отличалась существенно от данных, собранных в российских лесозаготовительных компаниях (Gerasimov et al. 2009; Syunev et al. 2009). Однако, производительность харвестеров в Финляндии значительно выше, чем в рассмотренных регионах, не смотря на такой же размер стволов. По данным Väätäinen et al. (2007), средняя производительность обычных однозахватных харвестеров в финских лесозаготовительных компаниях для среднего объема 0,3 м³ была около 18 м³. *PMH* для сплошных рубок (больше на 7 м³/*PMH*). Объемная доля коры в общем объеме ствола с корой была оценена в 10%, это значение было использовано для перевода финских данных о производительности в сравнимые величины (из м³ в коре в м³ без коры).

Существует несколько возможных объяснений выявленных различий между производительностью харвестеров в России и Финляндии. Предыдущие исследования показали, что навыки оператора имеют значительное влияние на производительность лесозаготовительных операций. (Syunev et al. 2009; Väätäinen et al. 2005; Sirén 2003). Более того, меньшая производительность в России – это следствие отличий от Финляндии в размерах стволов и породного состава, которые в свою очередь являются результатами разных подходов к ведению лесного хозяйства в этих странах. Насаждения в Финляндии более или менее регулярно подвергаются уходу, тогда как в России древостой редко проходятся рубками ухода перед рубками главного пользования. Это является важным фактором, связанным с производительностью лесозаготовительных операций.

Соотношение времени, затраченного на обработку стволов, к эффективному машино-часу (*SprocR*) для изученных харвестеров было очень низким, и его значение менялось в широких пределах от 0,17 до 0,45. Харвестеры, работающие в Республике Коми, показали лучшее соотношение, среднее значение *SprocR* было 0,35. Для сравнения, в странах Северной Европы доля время обработки ствола в эффективном машино-часе составляет от 25% для рубок прореживания и до 55% для сплошных рубок. (Väätäinen et al. 2005, Nurminen et al. 2006, Kariniemi 2006). Размер ствола имеет прямое влияние на долю времени обработки ствола (*SprocR*) в эффективном машино-часе. Особенно это заметно с увеличением среднего размера ствола, так как доля времени обработки ствола *SprocR* также растет. С точки зрения выполнения операций, российские лесозаготовительные компании очень нуждаются в повышении производительности машин, так как коэффициент использования изученных харвестеров колебался от 0,40 до 0,84 со средним значением 0,60. Эти компании все еще располагают значительным потенциалом более эффективного использования машин, и возможности повышения доли времени обработки ствола для снижения затрат должны быть изучены. Производительность машин может быть увеличена путем повышения доли времени обработки ствола за счет усовершенствованных методов работы. Результаты этого исследования и исследований, проведенных ранее (Syunev et al. 2009), показали, что в некоторых лесозаготовительных компаниях рассмотренных регионов производительность харвестеров за *PMH* может быть удвоена. В общем, при увеличении доли времени обработки ствола до уровня стран северной Европы (0,55), производительность может быть увеличена до 16,7 м³/*PMH* в Карелии, 17,0 м³/*PMH* в Вологодской области, 19,6 м³/*PMH* в Коми и 18,5 м³/*PMH* в целом для рассмотренных регионов. При выполнении этого условия, средняя производительность обычных харвестеров в этих регионах сможет достичь уровня Финляндии Швеции. Существующая модель производительности харвестеров для севера

Европейской части России подразумевает, что последующие исследования могут быть направлены на улучшение разработанных прогнозирующих моделей, что даст возможность прогнозировать производительность системы харвестер-форвардер для разных насаждений и условий работы. Различные сценарии могут быть смоделированы для выбора наиболее экономически эффективного использования машин в конкретных условиях в России и других странах бывшего СССР. Потенциальные пользователи харвестеров получают возможность рассчитывать собственные затраты для разных условий и оценивать конкурентоспособность альтернативных вариантов. Предложенные модели призваны также облегчить адаптацию полностью механизированного сортиментного метода к условиям лесов, не пройденных рубками ухода, особенно в тех компаниях, в которых по-прежнему используется изношенная отечественная техника и в которых дешевая рабочая сила препятствует инвестициям в специализированные лесные машины.

Литература

- Герасимов Ю.Ю., Сибиряков К.Н., Мошков С.Л., Вяльккю Э., Карвинен С. 2009. Расчет эксплуатационных затрат лесосечных машин. НИИ леса Финляндии, Йёнсюу. 44 с. Доступно на: <http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1799>.
- Сюнёв В.С., Соколов А.П., Коновалов А.П., Катаров В.К., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., Карвинен С., Вяльккю Э. 2008. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия. НИИ Леса Финляндии. 126 с. Доступно на: <http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1643>.
- Adebayo AB., Han HS., Johnson L. 2007. Productivity and cost of cut-to-length and whole-tree harvesting in a mixed-conifer stand. *Forest Product Journal* 57(5):59–69.
- Asiakinen A., Leskinen L., Pasanen K., Väättäin K., Anttila A. and Tahvanainen T. 2009. Metsäkonesektorin nykytila ja tulevaisuus. Metlan työraportteja 125. 48 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp125.htm>.
- Bulley B. 1999. Effect of tree size and stand density on harvester and forwarder productivity in commercial thinning. FERIC Technical Note TN-292, July 1999.
- Gellerstedt S, Dahlin B. 1999. Cut-to-length in the next decade. *J For Eng* 10(2):17–25 Gerasimov Y (2004) Cut-to-length method in the wood procurement of Russia: SWOT analysis. *Proc NSR Conf Forest Operations 2004. Silva Carelica* 45:338–344.
- Gerasimov Y., Seliverstov A. 2010. Industrial round-wood losses associated with the harvesting systems in Russia. *Croatian Journal of Forest Engineering* 31(2): 111-126.
- Gerasimov Y., Senkin V. and Väättäin, K. 2011. Productivity of single-grip harvesters in clear-cutting operations in the northern European part of Russia. *European Journal of Forest Research*. Published online 03 July 2011. Доступно на: <http://www.springerlink.com/content/m452062127908225/fulltext.pdf>.
- Gerasimov Y., Sokolov A. 2008. GIS-based decision-support program for planning and analyzing short-wood transport in Russia. *Croatian Journal of Forest Engineering* 29(2): 163-175.
- Gingras JF. 1994. A comparison of full-tree versus cut-to-length systems in the Manitoba model forest. SR-92. *Forest Eng. Inst. of Canada, Pointe-Claire, Quebec, Canada*. 16 с.
- International Journal of Forest Engineering* 14(1):39–48.
- Jiroušek R., Klvač R., Skoupy A. 2007. Productivity and costs of the mechanised cut-to-length wood harvesting system in clear-felling operations. *Journal of Forest Science* 53(10):476–482.
- John Deere 2009. TimberLink. Quick guide. 16 с.
- Kärhä K., Rönkkö E., Gumse S. 2004. Productivity and cutting costs of thinning harvesters. *Journal of Forest Engineering* 15(2):43–56.
- Kariniemi A. 2006. Kuljettajakeskeinen hakkuukonetyön malli – työn suorituksen kognitiivinen tarkastelu. *Helsingin yliopiston metsävarojen käytön latoksen julkaisu* 38. 126 с.
- Kellog LD, Bettinger P. 1994. Thinning productivity and cost for mechanized cut-to-length system in the Northwest Pacific coast region of the USA. *Journal of Forest Engineering* 5(2):43-52.

- Kuitto P.J., Keskinen S., Lindroos J., Oijala T., Rajamäki J., Räsänen T., Terävä J. 1994. Puutavaran koneellinen hakku ja metsäkuljetus. Metsätehon tiedotus 410. 38 c.
- Lageson H. 1997. Effects of thinning type on the harvester productivity and on the residual stand. Journal of Forest Engineering 8(2):7–13.
- Makkonen I. 1991. Silver Streak single-grip harvester in Nova Scotia. FERRIC, Pointe Claire, Que. Field Note No. TR-94: 18.
- McNeel J.F., Rutherford D. 1994. Modelling harvester-forwarder system performance in a selection harvest. Journal of Forest Engineering 6(1):7–14.
- Nurminen T., Korpunen H., Uusitalo J. 2006. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. Silva Fennica 40(2):335–363.
- Puttock D., Spinelli R., Hartsough B.R. 2005. Operational trials of cut-to-length harvesting of poplar in a mixed wood stand. Journal of Forest Engineering 16(2):17–25.
- Richardson R. 1989. Evaluation of five processors and harvesters. Forestry Engineering Research Institute of Canada. Pointe Claire, PQ. Technical Report No. TR-94:18.
- Ryynänen S., Rönkkö E. 2001. Harvennusharvestereiden tuottavuus ja kustannukset. Helsinki. Työtehoseuran julkaisuja 381. 67 c.
- Sirén M. 1998. Hakkuukonetyö, sen korjuujälki ja puustovaurioiden ennustaminen. Väitöskirja. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 694. 179 c.
- Sirén M. and Aaltio H. 2003. Productivity of costs of thinning harvesters and harvester-forwarders.
- Spinelli R., Owende P.M.O., Ward S. 2002. Productivity and cost of CTL harvesting of *Eucalyptus globulus* stands using excavator-based harvesters. Forest Product Journal 52:67–77.
- Statistical Year Book of Finnish Forestry 2009. Finnish Forest Research Institute.
- Tufts R.A. 1997. Productivity and cost of the Ponsse 15-series, cut-to-length harvesting system in southern pine plantations. Forest Products Journal 47(10):39-46.
- Uusitalo J. 2004. Metsäteknologian perusteet. FEG, Joensuu, 228 c.
- Väätäinen K., Liiri H., Asikainen A., Sikanen L., Jylhä P., Rieppo K., Nuutinen Y., Ala-Fossi A. 2007. Korjureiden ja korjuuketjun simulointi ainespuun korjuussa. Metlan työraportteja 48. 78 c. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp048.htm>.
- Väätäinen K., Ovaskainen H., Ranta P., Ala-Fossi A. 2005. Hakkuukoneenkuljettajan hiljaisen tiedon merkitys hakkuutulokseen työpistetasolla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 937. 90 c.
- Ward S.M. 2002. Productivity and cost of CTL harvesting of *eucalyptus globulus* stands using excavator-based harvesters. Forest Products Journal 52(1):67–77.
- Yaoliang L., Wang J., Miller G., McNeel J. 2006. Production economics of harvesting small diameter hardwood stands in central Appalachia. Forest Products Journal 56(3):81-86.

3.1.2 Система оценки экономической эффективности цепочки поставки топливной щепы

В настоящее время производство щепы из порубочных остатков невозможно без применения современных высокопроизводительных машин. Такая техника имеет высокую цену, и её покупка должна быть обоснована. Дополнительной проблемой является то, что цена на щепу держится на достаточно низком уровне, а затраты на сбор и трелевку порубочных остатков, рубку и доставку до потребителя – велики. Возникает необходимость расчета возможного экономического эффекта от переработки лесосечных отходов в щепу.

При решении вопроса о целесообразности сбора отходов и переработки их в щепу необходимо учитывать возможность и расстояние доставки щепы до потребителя биотоплива, наличие и технические характеристики техники для сбора порубочных остатков и переработки их в щепу, характеристики древостоя, цены на продукцию лесной отрасли в регионе.

Для решения данного вопроса предлагается применить систему поддержки принятия решения, которая позволит, в зависимости от введенных исходных данных, рассмотреть

несколько вариантов систем машин, сравнить результаты по вариантам и помочь ответить на следующие вопросы:

- какие машины выгоднее применить для сбора порубочных остатков и переработки их в щепу в данных условиях;
- какая минимальная цена на щепу должна быть предложена потребителем, чтобы сбор порубочных остатков и производство щепы были экономически выгодным мероприятием.

Система поддержки принятия решения включает в себя имитационную модель лесосеки и условий работы, имитационные модели работы лесных машин, и программу, позволяющую оценить целесообразность сбора порубочных остатков и переработки их в щепу в заданных пользователем условиях. Отличительной особенностью системы является то, что сбор порубочных остатков рассматривается совместно с рубками деловой древесины.

Основными исходными данными для программы расчета экономической эффективности являются результаты имитационного моделирования работы лесных машин при сборе и переработке порубочных остатков. Программа учитывает объем собранных порубочных остатков и дров, а также время работы машины в часах. Кроме этого, пользователь должен ввести данные, необходимые для расчета постоянных и переменных затрат на работу машины, задать цены на продукцию лесной отрасли, указать затраты на уборку делянки.

Имитационные модели и программа расчета экономической эффективности позволяют произвести расчеты для четырех вариантов:

- В качестве базового предлагается вариант без сбора лесосечных отходов. При этом расходы на очистку лесосек, вместе с затратами на валку с трелевкой и вывозку, будут влиять на рентабельность лесозаготовок. Доход лесозаготовитель может получить от реализации деловой и дровяной древесины.
- Первый вариант — сбор порубочных остатков и трелевка их на погрузочную площадку с помощью форвардера, рубка остатков в щепу рубительной машиной и вывозка щеповозом. При этом в качестве расходов необходимо рассматривать затраты на валку деревьев, трелевку сортиментов, вывозку сортиментов, сбор порубочных остатков и их трелевку, переработку в щепу рубительной машиной, транспортировку щепы к потребителю. Доход складывается из реализации деловой древесины, топливной щепы и уменьшения расходов на очистку лесосеки после рубок деловой древесины.
- Второй вариант рассматривает применение при сборе порубочных остатков пакетирующей машины. В этом варианте потребителю доставляется не щепа, а плотно обвязанные пакеты отходов лесозаготовок. При этом в качестве расходов необходимо рассматривать затраты на валку деревьев, трелевку сортиментов, вывозку сортиментов, затраты на работу пакетирующей машины, вывозку пакетов форвардером и затраты на доставку пакетов лесовозным транспортом до потребителя. Доход складывается из реализации деловой древесины, пакетов порубочных остатков и уменьшения расходов на очистку лесосеки после рубок деловой древесины.
- Третий вариант базируется на применении передвижной рубительной машины на базе форвардера с контейнером. При этом в качестве расходов необходимо рассматривать затраты на валку деревьев, трелевку сортиментов, вывозку сортиментов, затраты на работу передвижной рубительной машины и транспортировку щепы с помощью щеповозов. Доход складывается из реализации деловой древесины, топливной щепы и уменьшения расходов на очистку лесосеки после рубок деловой древесины.

После сравнения расчетов по вариантам можно сделать вывод о целесообразности заготовки щепы из порубочных остатков и выбрать оптимальную систему машин для заданных условий. Варьируя исходными данными, можно найти границы применения того или иного варианта, определить слабые стороны систем машин.

При реализации заготовки щепы по первому варианту, положительной стороной является необходимость приобретения сравнительно недорогой специализированной техники. Стоимость рубительной машины с приводом от вала отбора мощности и сельскохозяйственного трактора в несколько раз ниже стоимости специализированных пакетирующих машин и передвижных рубительных машин на базе форвардера. При этом сбор порубочных остатков на лесосеке может производиться тем же форвардером, который трелюет и сортименты. При этом необходимо учитывать, что в России ярко выражена сезонность лесозаготовок. Основной объем лесозаготовок приходится на зимние месяцы (ФСГС 2011), летом коэффициент использования форвардеров может падать до 0,6 и ниже. Возможность использования форвардеров в летние месяцы на сборе порубочных остатков может, с одной стороны, увеличить коэффициент использования техники, а с другой стороны, значительно снизить себестоимость заготовки щепы за счет снижения постоянной составляющей затрат на работу машины. При снижении цен на щепу или при увеличении затрат на переработку порубочных остатков в щепу, форвардеры можно задействовать на рубках деловой древесины, а рубительную машину использовать только на переработке в щепу дровяной древесины.

Отличительной особенностью второго варианта является применение дорогостоящей и производительной машины для пакетирования порубочных остатков. Для того чтобы пакетирующая машина окупилась и приносила доход, необходимо максимально полно использовать возможности машины, а значит, необходимы большие объемы заготовки древесины. Кроме этого, необходим постоянный спрос на пакеты порубочных остатков со стороны потребителя. Положительным моментом данной технологии является возможность транспортировки пакетов обычным лесовозным транспортом, что значительно дешевле транспортировки щепы в щеповозах, кроме этого, возможность применения лесовозов повышенной проходимости может позволить вывезти пакеты по дорогам, недоступным средним и тяжелым щеповозам.

В третьем варианте также применяется дорогостоящая специализированная машина, для использования которой необходим постоянный спрос на щепу и большие объемы заготовки древесины. Положительной стороной применения является минимизация единиц техники в цепочке: необходима передвижная рубительная машина и щеповоз. С учетом небольших объемов контейнеров на машине, при рубке в щепу дровяной древесины, более эффективным следует признать трелевку дров форвардером совместно с деловой древесиной, с последующей переработкой дров передвижной рубительной машиной в щепу уже на погрузочной площадке.

При решении вопроса о целесообразности сбора отходов лесозаготовок и переработки их в щепу необходимо учитывать, что из-за низкой несущей способности грунтов, не на всех лесосеках сбор порубочных остатков возможен. При сборе и вывозе порубочных остатков значительно повышается количество проходов техники по волокам. На грунтах с низкой несущей способностью порубочные остатки приходится использовать на укрепление волоков. При этом, порубочные остатки с волоков не могут использоваться для производства щепы, в связи с тем, что они загрязнены песком, грязью и камешками, а это не только повысит зольность будущей щепы, но и может испортить ножи рубительной машины. Кроме этого необходимо учитывать, что при вывозе порубочных остатков с лесосеки, дополнительные нагрузки получают и лесовозные дороги из-за прохода щеповозов и необходимости доставки техники до лесосеки. В связи с этим, при определении возможных объемов щепы из порубочных остатков, необходимо исключить объемы порубочных остатков с лесосек с низкой несущей способностью грунтов, а также с тех лесосек, где лесовозные дороги не могут обеспечить возможность доставки по ним щепы до потребителя.

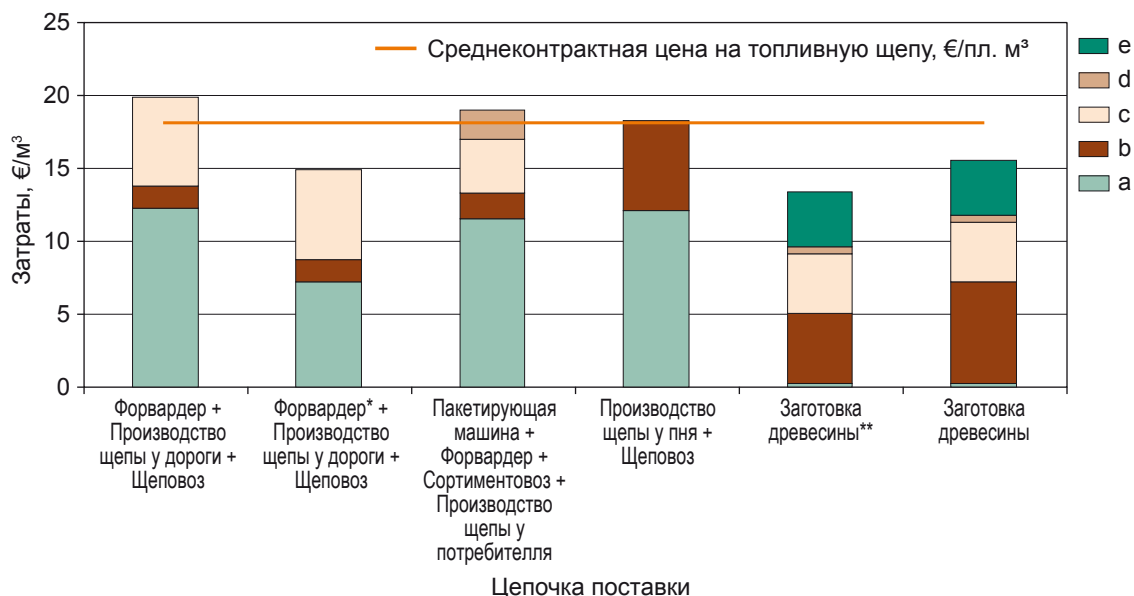


Рис. 3.4. Структура затрат в цене 1 плотного м³ щепы при расстоянии 50 км, евро. (Первое насаждение;* - без учета постоянной составляющей затрат на работу форвардера).



Рис. 3.5. Структура затрат в цене 1 плотного м³ щепы при расстоянии 50 км, евро. (Второе насаждение;* - без учета постоянной составляющей затрат на работу форвардера).

Также следует исключить сбор порубочных остатков на лесосеках с бедными почвами, где наблюдается недостаток питательных веществ (Черниковский и Алексеев 2009 г.). Удаление с таких лесосек ветвей и сучьев, богатых азотом, не желательно.

В настоящее время имитационные модели находятся на стадии проверки адекватности. По результатам предварительных расчетов были получены по разным вариантам диаграммы структуры затрат в цене щепы из порубочных остатков (Рис. 3.4 и Рис. 3.5) и зависимость цены щепы от расстояния до потребителя (Рис. 3.6 и Рис. 3.7). Для удобства ориентирования оранжевым цветом на диаграммах указана цена одного плотного м³ щепы в 18,13 евро,

взятая как среднеконтрактная цена на топливную щепу из хвойных пород по Республике Карелия за 2010 год (МЭР РК 2011).

Были проведены предварительные расчеты по двум делянкам. Первое насаждение с формулой 7ЕЗБ, возраст 80 лет, 4 бонитет, запас 170 м³ на гектар. Второе насаждение с формулой 7ЕЗБ, возраст 100 лет, 3 бонитет, запас 260 м³ на гектар. Среднее расстояние трелевки в обоих случаях менее 200 метров.

Пояснения к Рис. 3.4 и Рис. 3.5:

Первый вариант (Форвардер, рубительная машина на погрузочной площадке, щеповоз).

- a — затраты на работу форвардера при сборе порубочных остатков;
- b — затраты на рубку отходов лесозаготовок в щепу;
- c — затраты на вывозку в щеповозе до потребителя.

Первый вариант* (без учета постоянной составляющей затрат на работу форвардера).

- a — затраты на работу форвардера без постоянной составляющей;
- b — затраты на рубку отходов лесозаготовок в щепу;
- c — затраты на вывозку в щеповозе до потребителя.

Второй вариант (Пакетирующая машина, форвардер, сортиментовоз, рубка у потребителя).

- a — затраты на работу машины, пакетирующей порубочные остатки;
- b — затраты трелевку пакетов форвардером;
- c — затраты на вывозку пакетов потребителю;
- d — затраты потребителя на рубку щепы из пакета порубочных остатков.

Третий вариант (Передвижная рубительная машина на лесосеке, щеповоз).

- a — затраты на работу передвижной рубительной машины на базе форвардера;
- b — затраты на вывозку в щеповозе до потребителя.

Заготовка древесины.

- a — затраты на разметку волоков и подготовку погрузочной площадки;
- b — затраты на работу харвестера;
- c — затраты на работу форвардера;
- d — затраты на уборку лесосеки;
- e — затраты на вывозку сортиментов до потребителя.

Заготовка древесины** (затраты с учетом отрыва форвардера от работ по трелевке деловых сортиментов на трелевку порубочных остатков).

- a — затраты на разметку волоков и подготовку погрузочной площадки;
- b — затраты на работу харвестера с учетом занятости форвардера;
- c — затраты на работу форвардера;
- d — затраты на уборку лесосеки;
- e — затраты на вывозку сортиментов до потребителя.

Также, в результате моделирования работы техники, удалось рассчитать влияние выбранного варианта на количество проходов техники по одному и тому же месту волока при сборе и трелевке порубочных остатков. Рассчитывалось среднее число проходов по всем точкам волока через 0,25 м.

При рассмотрении влияния выбранного варианта на количество проходов по магистральному волоку, получено, что наименьшее число проходов для сбора лесосечных отходов необходимо в случае с рубительной машиной на базе форвардера и с машиной, пакетирующей порубочные остатки. Для варианта с форвардером на сборе порубочных остатков требуется на 17% больше проходов, что связано с низкой плотностью порубочных остатков.

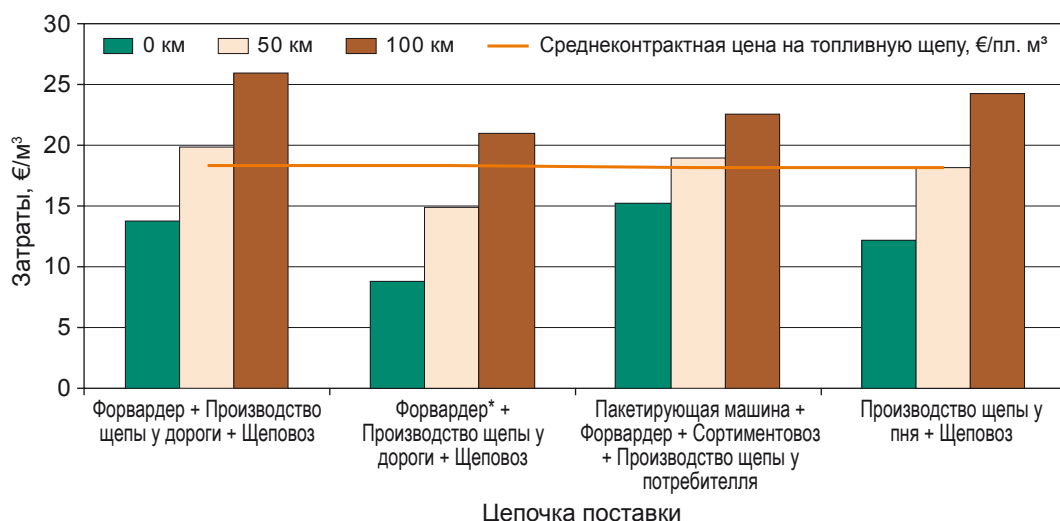


Рис. 3.6. Зависимость цены плотного м³ щепы от расстояния до потребителя, евро. (Первое насаждение; * - без постоянной составляющей затрат на работу форвардера)

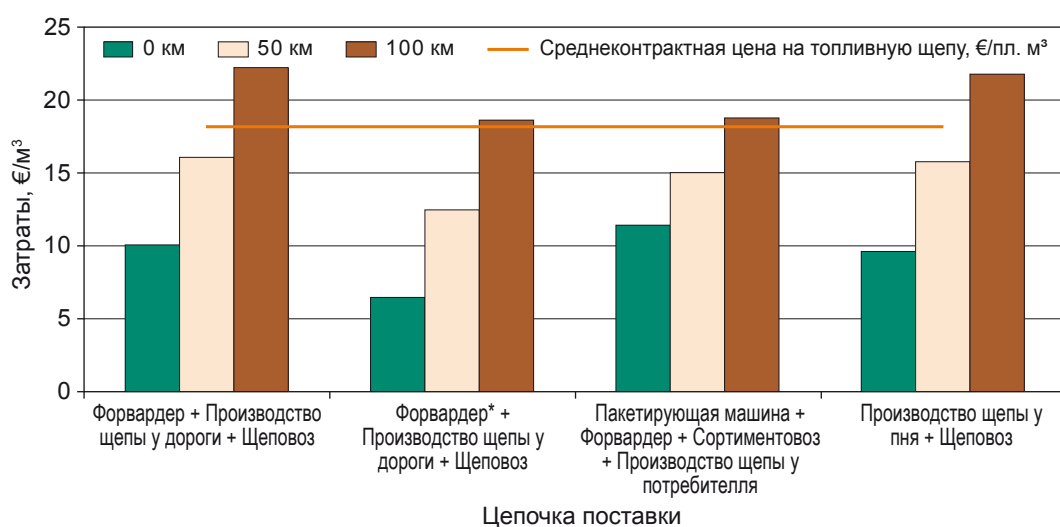


Рис. 3.7. Зависимость цены плотного м³ щепы от расстояния до потребителя, евро. (Второе насаждение; * - без постоянной составляющей затрат на работу форвардера)

При рассмотрении влияния выбранного варианта на количество проходов по пасечным волокам, наименьшее число проходов требуется при использовании вариантов с рубительной машиной на базе форвардера и при сборе порубочных остатков с помощью форвардера. Для варианта с пакетирующей машиной требуется на 20% больше проходов техники, что связано с применением форвардера на сборе тюков с порубочными остатками после прохода пакетирующей машины.

При использовании топливной древесины в качестве сырья для производства щепы, необходимо решить вопрос о месте переработки этой древесины в щепу. Одна из возможностей заключается в переработке дров на погрузочной площадке и транспортировке полученной щепы до потребителя в щеповозах. Второй вариант — это транспортировка дровяной древесины до потребителя на сортиментовозах, а сама рубка в щепу производится на стационарной рубительной машине потребителя. По результатам предварительных

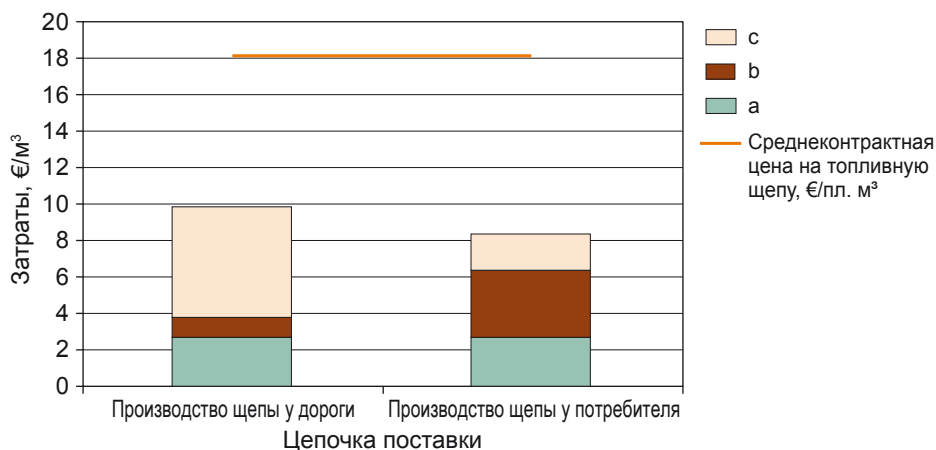


Рис. 3.8. Структура затрат в цене 1 плотного м³ щепы из топливной древесины при расстоянии 50 км, евро.

расчетов для двух рассматриваемых вариантов по второму насаждению были получены диаграмма структуры затрат в цене щепы из топливной древесины (Рис. 3.8) и зависимость цены щепы, полученной только из топливной древесины, от расстояния до потребителя (Рис. 3.9).

Пояснения к Рис. 3.8:

Первый вариант (Переработка топливной древесины в щепу на погрузочной площадке).

- a — затраты на работу форвардера при трелевке дровяной древесины;
- b — затраты на рубку дровяной древесины в щепу;
- c — затраты на вывозку в щеповозе до потребителя.

Второй вариант (Переработка топливной древесины в щепу у потребителя).

- a — затраты на работу форвардера при трелевке дровяной древесины;
- b — затраты на вывозку дровяной древесины до потребителя;
- c — затраты потребителя на рубку щепы из дровяной древесины.

По результатам предварительных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. При текущих ценах сбор порубочных остатков для переработки их в щепу рентабелен, если расстояние до потребителя не более 50 км. При расстоянии более 100 км расходы на транспортировку слишком велики вне зависимости от варианта (Рис. 3.6 и Рис. 3.7). Использование круглой энергетической древесины для производства топливной щепы экономически выгоднее, чем использование лесосечных отходов. В этом случае, топливная щепка может транспортироваться на расстояние до 150 км (Рис. 3.9).
2. При заготовке щепы из порубочных остатков в небольших объемах наименьшие затраты на сбор порубочных остатков будут при использовании форвардеров, но только если последние не отвлекаются от работ по заготовке деловой древесины (“лучший сценарий”). Это может быть возможно в летние месяцы, в связи с сезонностью лесозаготовок. При этом в цене щепы можно не учитывать постоянные затраты на содержание форвардера (Рис. 3.4 и Рис. 3.5, вариант «Форвардер* + Рубительная машина + Щеповоз»). В случае, если форвардер из комплекса будет отвлечен от трелевки сортиментов на трелевку порубочных остатков, это может увеличить затраты на заготовку деловой древесины комплексом (“худший сценарий”). Вариант с использованием форвардера для сбора порубочных остатков привлекателен еще тем, что не требует покупки дорогостоящих специализированных пакетирующих машин или мобильных рубительных машин.

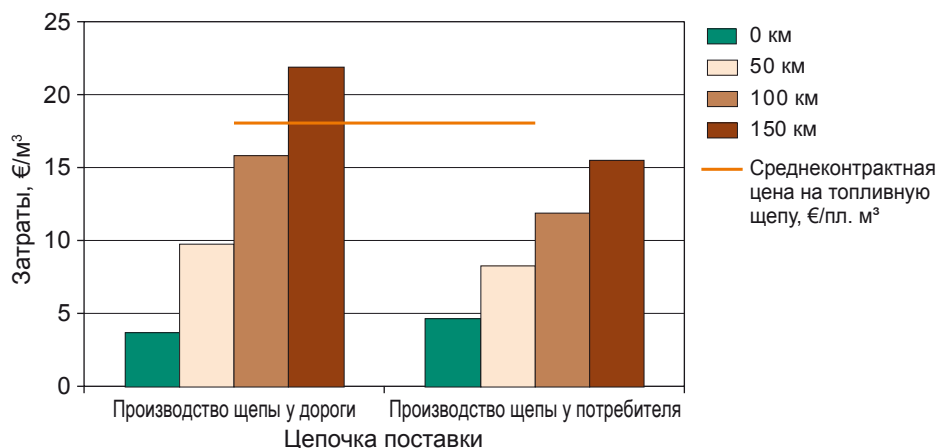


Рис. 3.9. Зависимость затрат на плотный м³ щепы из топливной древесины от расстояния до потребителя, евро.

3. Заготовка щепы из порубочных остатков в больших объемах возможна только при постоянном и высоком спросе на щепу. Как показывают расчеты, при использовании значительных объемов порубочных остатков для переработки в щепу, применение форвардеров на сборе порубочных остатков не является оптимальным решением (Рис. 3.6 и Рис. 3.7, вариант «Форвардер + Рубительная машина + Щеповоз»). При значительном расстоянии до потребителя щепы оптимальным решением будет вариант с использованием машины, пакетирующей порубочные остатки в тюки (Рис. 3.6 и Рис. 3.7, вариант «Пакетирующая машина + Форвардер + Сортиментовоз + Рубительная машина потребителя»). Использование лесовозной техники на вывозке тюков значительно дешевле, чем перевозка щепы щеповозами. Если цена щепы будет выше 800 руб. за плотный м³, рентабельным будет доставка щепы и на расстояние свыше 50 км.
4. Себестоимость заготовки щепы увеличивается при снижении запаса насаждения (Рис. 3.4 и Рис. 3.5). Это необходимо учитывать при принятии решения о заготовке щепы на делянке.
5. Возможность использования порубочных остатков для рубки в щепу зависит от несущей способности грунтов на лесосеках. При преобладании грунтов с недостаточной несущей способностью, от идеи использовать порубочные остатки в качестве сырья для щепы следует отказаться, и в этом случае порубочные остатки должны идти на укрепление волоков.
6. При решении вопроса о месте переработки дровяной древесины в топливную щепу наиболее выгодным является переработка дров на рубительной машине потребителя, что связано с более дешевой доставкой дровяной древесины по сравнению с транспортировкой щепы.

Литература

- МЭР РК. 2011 Среднеконтрактные цены на основные виды продукции лесной и деревообрабатывающих отраслей, сложившиеся в Республике Карелия за январь-декабрь 2010 года. Министерство экономического развития Республики Карелии. Доступно на: http://www.gov.karelia.ru/gov/Power/Ministry/Development/Prices/price_wood_1012e.html.
- ФСГС. 2011. «Производство деловой древесины в Российской Федерации» Федеральная служба государственной статистики. Электронная база данных. Доступно на: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/leszag.htm.

Черниховский Д. М., Алексеев А. С. 2009. Сравнение подходов к оценке потенциальных ресурсов древесного топлива, получаемого в результате проведения лесохозяйственных мероприятий., доклад на международной научно-практической конференции «Биоэнергетика и биотехнология - эффективное использование отходов лесозаготовок и деревообработки». Санкт-Петербург, ЛТА.

3.1.3 Эффективность международной транспортировки топливной щепы

Введение

В этой главе приводятся обновленные результаты исследования Goltsev et al. (2011). Общая площадь лесов Республики Карелия около 14,9 млн га, запас достигает 946 млн м³. Лесами покрыто около 53% территории региона (Карелиястат 2008). Ежегодная расчетная лесосека 8,8 млн м³, при фактическом объеме рубок равном 5,7 млн м³ в 2009 году (Карелиястат 2009). Коэффициент использования расчетной лесосеки равен 65%, что является самым высоким для Российской Федерации.

Республика Карелия располагает высоким потенциалом для интенсификации лесного хозяйства и, как результат этого процесса, может также вырасти производство топливной щепы. По результатам исследования, проведенного Gerasimov & Karjalainen (2009a), потенциал энергетической древесины от лесозаготовок в Карелии достигает 2,3 млн м³, что включает дровяную древесину (62%), выкорчеванные пни (18%), неиспользованные лесосечные отходы (9%) и древесину, поврежденную при заготовке (11%). Существующие оценки показывают (ПРК 2007), что возможно заготавливать до 26% всех лесосечных отходов для энергетических целей.

Топливная щепа может служить источником энергии для многих секторов экономики в России. Однако использование биоэнергетических ресурсов в России в некоторой степени ограничивается действующей политикой, направленной на расширение национальной сети газопроводов, и интенсификацией генерации энергии из других возобновляемых источников, главным образом, гидроэнергии (ПРФ 2009).

В Карелии древесная биомасса является сравнительно новым видом топлива для крупномасштабной генерации энергии в муниципалитетах и промышленности, но в виде дров, древесина – это традиционный вид топлива для домохозяйств, особенно в сельской местности. Кроме частных домовладений, другими крупными потребителями древесного топлива в Карелии являются лесная промышленность и муниципальные котельные (Raitila et al. 2009, Gerasimov & Karjalainen 2009b). Обычно, лесозаготовительные компании сотрудничают с муниципалитетами и поставляют древесное топливо на муниципальные энергостанции. Целлюлозно-бумажная промышленность Карелии использует около 30 котельных (Raitila et al. 2009). Существующие биоэнергостанции используют в качестве топлива, в основном, топливную щепу и отходы лесопиления.

Производство пеллет из опилок постоянно растет на Северо-Западе России, но из-за очень слабого внутреннего спроса на улучшенное древесное топливо, российская биотопливная промышленность до настоящего времени была, в основном, ориентирована на экспорт (OECD/IEA 2003). В то же время внутренний спрос на пеллеты растет (Rakitova et al. 2009).

Карелия получает около 10% всей энергии из древесной биомассы, большая часть энергетической древесины используется для генерации энергии (Григорьев 2007). В регионе около 54% котельных используют, по крайней мере частично, местные виды топлива, включая дровяную древесину, топливную щепу и торф (ПРК 2007, ПРК 2010a). В некоторых районах Республики Карелия энергетическая древесина используется в большей степени:

в Костомукшском, Муезерском и Калевальском районах дровяная древесина обеспечивает 23% первичного потребления энергии (Raitila et al. 2009).

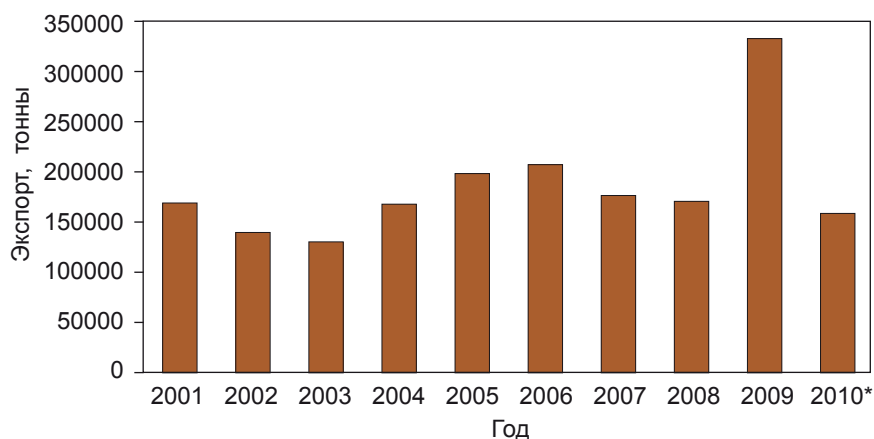
В дополнение к возможности увеличения местного потребления энергетической древесины существует возможность экспортировать из Республики Карелия энергетическую древесину, например, в виде топливной щепы в Финляндию. Слабый спрос на низкосортную круглую древесину, получаемую при рубках ухода и рубках главного пользования, является причиной наличия больших невостребованных объемов биомассы по доступным ценам и подходящей для производства топливной щепы. Напротив, в соседней Финляндии спрос на топливную щепу и ее использование очень высоки. Кроме того, экспортная пошлина на топливную щепу (5% экспортной стоимости) ниже, чем на пиловочник и балансы (ФТС 2009).

На Рис. 3.10 показано изменение объемов экспорта топливной щепы из Республики Карелия в Финляндию. Как видно, экспорт топливной щепы значительно возрос в 2009 году, что может быть объяснено повышением таможенных пошлин на балансовую древесину. Кроме того, возросший спрос на энергетическую древесину в Финляндии обеспечивает конкурентоспособные цены на топливную щепу.

В Таблице 3.7 даны среднеконтрактные цены (FCA) на топливную щепу в Республике Карелия в 2010 году (МЭР РК 2011) и средняя закупочная цена топливной щепы, установленная финскими энергокомпаниями летом 2010 года (PÖYRY 2010).

Таблица 3.7 показывает, что в 2010 году существовала разница между ценами на топливную щепу в Карелии и закупочными ценами в Финляндии.

Относительно плохие предпосылки для местного использования топливной щепы и большой ресурсный потенциал создают хорошие возможности для экспорта топливной щепы из Карелии в Финляндию, где проводимая политика и действующая климатическая стратегия поддерживают использование топливной щепы для производства энергии (Renewable energy policy review 2009, Ministry of Trade and Industry 2000). В прошлом крупномасштабное использование топливной щепы было менее распространено в Финляндии (Ranta 2005) и традиционно имело местное значение (Heinimo 2008). Бурный рост использования топливной щепы начался в Финляндии в конце прошлого века, когда была запущена программа «Технология древесной энергии 1999–2003», направленная на развитие и коммерциализацию использования топливной щепы. Эта программа была одним из инструментов финского правительства для выполнения «Плана действий по источникам возобновляемой энергии»



*-01.01.2010–01.06.2010 (только первые пять месяцев в 2010 г.)

Рис. 3.10. Экспорт хвойной топливной щепы из Республики Карелия в Финляндию (Карелиястат 2010).

Таблица 3.7. Среднеконтрактная цена (FCA) на топливную щепу в Республике Карелия и средняя закупочная цена установленная финскими энергокомпаниями.

Вид щепы	Среднеконтрактная цена (FCA), €/МВтч*	Средняя закупочная цена, €/МВтч
Сосновая топливная щепы	9,70	17,9–18,2
Березовая топливная щепы	11,00	

* - для перевода стоимости топливной щепы выраженной в €/м³ в €/МВтч использовался коэффициент 1,85 (Alakangas 2005).

(Hakkila 2004). В результате выполнения этой программы конкурентоспособность топливной щепы была значительно повышена. Потребление топливной щепы выросло с 1,7 млн м³ в 2001 году (Hakkila 2004) до 6,1 млн м³ в 2009 году. Ожидается, что к 2020 году потребление топливной щепы достигнет 13,5 млн м³ (Puun energiakäyttö 2010).

В Финляндии топливная щепы производится, в основном, из лесосечных отходов и тонкомерной древесины от рубок ухода (Hakkila 2004) и только незначительные объемы производятся из крупномерной древесины и пней. В Республике Карелия, благодаря местным особенностям, доступны значительные объемы крупномерной древесины, которая является более подходящим ресурсом для производства топливной щепы. Поэтому в Карелии тонкомерная древесина и лесосечные отходы, которые характеризуются низкой складочной плотностью, не используются для производства щепы. Благодаря более высокой складочной плотности крупномерной древесины, ее заготовка, транспортировка и измельчение экономически более эффективно по сравнению с лесосечными отходами и мелкотоварной древесиной. Кроме того, свойства топливной щепы, произведенной из лесосечных отходов, могут колебаться. К тому же риск загрязнения щепы почвой и камнями выше при использовании лесосечных отходов.

Использование разных типов древесной биомассы для производства топливной щепы значительно усложняет прямое сравнение эффективности систем производства топливной щепы в России и Финляндии. Поэтому целью данного исследования было изучение эффективности транспортировки топливной щепы автомобильным транспортом, параметра, который не зависит от типа биомассы, используемой для производства щепы. В данном исследовании была проанализирована эффективность экспортной транспортировки топливной щепы из Республики Карелия в Финляндию и проведено сравнение с эффективностью местной транспортировки щепы внутри Финляндии.

В рассмотренном случае экспортная транспортировка топливной щепы начиналась с места производства на терминале в деревне Лендеры, Республика Карелия, и завершалась на котельной г. Лиекса, Финляндия. Расстояние от терминала до пункта пересечения российско-финляндской границы Инари равнялось 25 км, а расстояние от пункта пересечения границы до котельной в г. Лиекса равнялось 57 км, всего 82 км.

Конкретными задачами данного исследования были:

- Анализ эффективности экспортной транспортировки топливной щепы автомобильным транспортом из Республики Карелия в Финляндию на примере транспортировки щепы между терминалом Лендеры в Республике Карелия и котельной в г. Лиекса;
- Сравнение эффективности экспортной транспортировки щепы из России в Финляндию с эффективностью местной транспортировки щепы в Финляндии через сравнение затрат и загрузки щеповозов;
- Проведение опроса водителей щеповозов для выявления факторов, влияющих на эффективность экспортной транспортировки щепы и поиск возможных решений.

Данные и методы

В этом исследовании анализировалась только экспортная транспортировка топливной щепы щеповозами. Другие виды транспорта не были рассмотрены. Экспортная транспортировка щепы является заключительным этапом в российско-финской цепочке поставки топливной щепы, которая начинается на лесосеках, расположенных в Республике Карелия, и заканчивается на котельных в Финляндии. В рассмотренном случае заготовка древесины осуществлялась системой машин, состоящей из харвестера на базе гусеничного экскаватора Fiat-Kobelco E135SR с установленной харвестерной головкой Kesla 22RH и форвардера Timberjack 1010D. После вывозки древесины с лесосеки к дороге сортименты, предназначенные для производства топливной щепы, отдельно от деловой древесины загружались и транспортировались сортиментовозами Volvo на терминал, расположенный в д. Лендеры. Производство щепы на терминале являлось оправданным компромиссом между измельчением древесины на погрузочных площадках лесосек и производством щепы на котельных в Финляндии, так как российские экспортные пошлины на круглые лесоматериалы, включая дровяную древесину, выше, чем экспортные пошлины на щепу (ФТС 2009). В то же время для экспортеров энергетической древесины важно, что топливная щепа имеет более высокую добавочную стоимость по сравнению с необработанной древесиной, получаемой в Финляндии для энергетических целей. На терминале топливная щепа производилась с использованием мобильной рубительной установки Heinola 1310RML установленной на грузовой автомобиль.

Ключевой частью цепочки поставки была экспортная транспортировка щепы из терминала в Карелии на котельные г. Лиекса в Финляндии. На терминале щепа загружалась в щеповозы фронтальным погрузчиком. Общая загрузка одного щеповоза, в среднем, составляла около 100 м³ щепы с прицепом и около 40 м³ без прицепа. Российские транспортные нормы (Минтранс РФ 1996) жестко ограничивают максимальную разрешенную нагрузку на одну ось грузового автомобиля, поэтому использование щеповозов с большим числом осей было предпочтительным, так как увеличивался общий максимальный разрешенный вес автопоезда.

На рассмотренном маршруте щеповозы проходили через временный пункт пересечения границы, расположенный рядом с финским поселком Инари. После пересечения границы щеповозы проезжали около 57 км и разгружались на котельных в г. Лиекса. Одной из котельных была теплостанция местного лесопильного завода, которая изначально поставляла тепловую энергию только на этот завод. Позже эта котельная стала поставлять тепло также и для г. Лиекса. Общая генерация первичной тепловой энергии на этой котельной была около 200 000 МВт/год. Около 90% общего объема необходимого топлива составляло местное топливо, а 10% – российская топливная щепа.

В исследовании объемы древесины выражены в плотных кубических метрах (м³), если другие единицы не указаны. Для перевода насыпных кубических метров щепы в плотные использовался коэффициент 0,40 (Nakkila 2004). При переводе единиц объема (м³) в единицы энергии (МВтч) или наоборот предполагалось, что древесина имеет влажность около 50% и содержит около 2 МВтч энергии на 1 м³ или 0,77 МВтч энергии на 1 насыпной м³. Для перевода в евро затрат, выраженных в рублях, использовался обменный курс, установленный Центральным банком Российской Федерации на 10.09.2010: 1 евро равнялся 39,18 рублей. Проведенный анализ эффективности экспортной транспортировки щепы основывался на следующих данных:

- расстояние транспортировки;
- среднее время в пути;
- продолжительность операций погрузки/разгрузки;
- время простоев.

Эти данные были сняты с тахографа, установленного на одном из щеповозов, и охватывали 6 рейсов Лендеры-Лиекса-Лендеры, сделанные в январе и феврале 2010. Сравнительный анализ транспортных затрат был сделан для экспортной транспортировки щепы, внутренней транспортировки щепы в Финляндии и внутренней транспортировки щепы в России.

Затраты на экспортную транспортировку щепы были рассчитаны на основе фактических данных, полученных от одной из финских компаний, перевозящих топливную щепу из Карелии в Финляндию. Собранные данные относились к 2010 году и включали: затраты на топливо, зарплаты, ремонтные затраты и стоимость страховки. Следует отметить, что в соответствии с ризалитами проведенных опросов водителей щеповозов, автомобили заправлялись только финским дизельным топливом, несмотря на гораздо более дешевое дизельное топливо в России. Таким образом транспортные компании избегают рисков, связанных с использованием некачественного топлива. Величины ежегодных выплат по кредитам, накладных расходов и амортизации были рассчитаны по Gerasimov et al. (2009b). Затраты на экспортную транспортировку топливной щепы не включают налог на добавленную стоимость (НДС), уплачиваемый при покупке топлива, так как финские транспортные компании, занимающиеся международными перевозками со странами, не входящими в Европейский Союз, освобождены от уплаты НДС (Palvelujen ulkomaankaupan arvonlisäverotus 2010). Для проведения сравнительного анализа транспортных затрат из литературы были взяты доступные данные по стоимости внутренней транспортировки в Финляндии (Ranta and Rinne 2006) и теоретические транспортные затраты на транспортировку щепы для Тихвинского района Ленинградской области России (Plavsky et al. 2007). Транспортные затраты для Финляндии были проиндексированы до уровня 2010, принимая во внимание средний рост транспортных затрат (3%) в Финляндии (Tilastokeskus 2010). Для России транспортные затраты были также проиндексированы до уровня 2010 года, используя данные по росту стоимости грузовых перевозок в Ленинградской области (ФСГС 2010).

Использование для сравнительного анализа транспортных затрат, рассчитанных для Ленинградской области, было вынужденным, так как не было достоверных данных о стоимости транспортировки щепы для Республики Карелия. В то же время эти данные можно было использовать благодаря похожим дорожным условиям в обоих регионах.

Транспортные затраты, выраженные в €/МВтч, сравнивались для каждых 10 км в пределах 100 км дистанции вывозки. Расчетные затраты для Ленинградской области были опубликованы только для 20, 60 и 100 км. Поэтому эти затраты были линейно интерполированы для того, чтобы получить их значения для 10 км отрезков.

Для расчета средней загрузки щеповозов, работающих на экспортной транспортировке топливной щепы, были использованы данные, полученные от компании, закупающей российскую щепу для своих котельных в Финляндии. Рассчитанная величина была сравнена со средней загрузкой щеповозов, перевозящих щепу только внутри Финляндии. Дополнительно в одной из транспортных компаний были собраны данные о ежемесячных объемах топливной щепы, поставляемой с российского терминала в Финляндию.

Опросы водителей щеповозов

Целью проведенных опросов было выделить факторы, влияющие на производительность щеповозов и эффективность транспортировки щепы из Карелии в Финляндию.

Опросы проводились по индивидуальным анкетам. Анкеты были составлены на русском и финском языках (Goltsev et al. 2011), так как планировалось опросить водителей из обеих стран. Опросы проводились как в ходе личных встреч с водителями, так и по телефону и электронной почте. В общем было опрошено 11 человек (5 финских и 6 русских водителей) из 4 разных компаний в России и Финляндии.

Результаты

Эффективность транспортировки топливной щепы

В Таблице 3.8 даны количественные характеристики исследованной цепочки поставки топливной щепы.

Средняя дистанция транспортировки от терминала Лендеры до пункта пересечения границы Инари равнялась 25 км, а от границы до котельных в г. Лиекса – 57 км, всего 82 км. Для сравнения, экономически оправданная дистанция транспортировки топливной щепы в России не превышает 50 км (Goltsev et al. 2010), что хорошо иллюстрирует разницу в ценах на топливную щепу в России и Финляндии.

В Таблице 3.9 приведены значения скорости движения щеповозов по участкам маршрута от терминала Лендеры до пункта пересечения границы Инари и до г. Лиекса.

Из Таблицы 3.9 видно, что средняя скорость движения по российскому участку от терминала Лендеры до границы равна 34 км/ч, тогда как на финском участке средняя скорость достигает 66 км/ч. Среднее время движения почти одинаковое для российского и финского участков маршрута, несмотря на значительную разницу в протяженности участков. Эти цифры хорошо отражают разницу в состоянии дорожных сетей в России и Финляндии.

В Таблице 3.10 даны продолжительность загрузки на терминале Лендеры и разгрузки в г. Лиекса, время движения по участкам маршрута и продолжительность простоев, включающих перерывы дольше 15 минут.

Распределение времени по основным операциям было получено на основе данных по 6 рейсам, предоставленных транспортной компанией, что составило 39 часов и 45 минут рабочего времени водителя. В Таблице 3.10 не приводится время на обслуживание и ремонт щеповоза по причине малой продолжительности наблюдений.

Из Таблицы 3.10 видно, что в среднем на пересечение границы уходило около 36 минут, хотя максимальное и минимальное время, затраченное на это, было 105 и 5 минут соответственно. Загрузка на терминале Лендеры обычно проходила в конце рабочей смены водителя щеповоза, и поэтому точное время этой операции не было записано тахографом для рассмотренных 6 рейсов. Среднее значение продолжительности загрузки было получено через опросы транспортных компаний, но оценить максимальную и минимальную продолжительность загрузки было невозможно. Разгрузка на котельных в г. Лиекса в среднем занимала 50 минут, максимальная продолжительность составила 60 минут, а минимальная – 30 минут.

Таблица 3.8. Характеристики цепочки поставки топливной щепы, производимой на терминале Лендеры в России для котельных г. Лиекса в Финляндии.

Характеристика	Значение
Дистанция транспортировки в одном направлении, км	82
Средняя продолжительность одного рейса, часов	6:38
Средняя загрузка, м ³	100
Минимальный-средний-максимальный объем поставки в течение 8 месяцев, м ³ /месяц	327-2770-5217
Общий объем щепы, перевезенной за 8 месяцев, м ³	22157

Таблица 3.9. Скорость движения щеповозов на различных участках маршрута.

Участок маршрута	Расстояние, км	Скорость, км/ч			Среднее время движения, ч
		Средняя	Максимальная	Минимальная	
Лендеры ↔ Инари	25	34	43	30	0:42
Инари ↔ Лиекса	57	66	76	57	0:52

Таблица 3.10. Продолжительность основных операций на маршруте.

Продолжительность (минут)	Средняя	Максимальная	Минимальная
Движение по участкам маршрута			
Лендеры ↔ Инари	45	50	35
Инари ↔ Лиекса	52	60	45
Погрузочно-разгрузочные операции			
Погрузка (Лендеры)*	60	-	-
Разгрузка (Лиекса)	50	60	30
Простои			
При пересечении границы (Инари)	36	105	5
Обеденные перерывы	43	60	30

* Транспортная компания предоставила только среднее значение.

На обеденные перерывы в среднем уходило 43 минуты, минимум – 30 и максимум – 60 минут. Средняя продолжительность 1 рейса была 6 часов 38 минут. Относительно короткая протяженность маршрута была причиной того, что собственно на движение щеповоза приходилось только 48% от рабочего времени. Около 22% от всего времени уходило на проезд по российскому участку маршрута, что немногим меньше, чем требовалось времени для проезда по финскому участку длиной 57 км. Следующей, наиболее затратной по времени, операцией было пересечение границы, на которое уходило 18% рабочего времени. На погрузочно-разгрузочные операции уходило относительно немного времени, 15% и 13% рабочего времени соответственно. Меньше всего времени, 5%, занимали обеденные перерывы.

Стоимость экспортной транспортировки топливной щепы была сравнена с затратами на транспортировку щепы при внутренних поставках в Финляндии и России (Рис. 3.11). Так общая протяженность маршрута экспортной транспортировки топливной щепы составляла 82 км, для проведения сравнительного анализа была выбрана дистанция транспортировки, равная 80 км. Как видно из Рис. 3.11, стоимость экспортной транспортировки топливной щепы была 3,4 €/насыпной м³ или 8,5 €/плотный м³. Общая стоимость поставки топливной щепы в рассмотренном случае была 28,8 €/м³, включая затраты на заготовку и вывозку к погрузочной площадке у дороги (10,95 €/м³), затраты на транспортировку древесины до терминала (3,7 €/м³ при средней дистанции вывозки равной 50 км), стоимость измельчения древесины (6,25 €/м³) и прочие расходы (7,93 €/м³). Все затраты приведены на 1 плотный м³. На транспортные расходы приходилось 26% от итоговой стоимости поставки.

Производительность щеповозов на транспортировке щепы из России в Финляндию является важным фактором, влияющим на итоговую эффективность перевозки щепы. Данные, предоставленные компанией, показали, что средняя загрузка щеповозов при экспортной транспортировке была 90–100 насыпных м³, а при перевозках только внутри Финляндии эта величина равнялась 120–140 насыпных м³. Разница объясняется нормативными ограничениями максимального допустимого веса автопоезда, установленными в Финляндии и России. В Финляндии максимальный допустимый вес автопоезда с 6 осями установлен равным 53 тоннам, а для автопоездов с 7 и более осями ограничение веса равно 60 тоннам (Asetus ajoneuvojen käytöstä.. 1997). В Республике Карелия максимальный допустимый вес автопоезда на федеральных и республиканских дорогах без специального разрешения ограничен 38 тоннами. Специальное разрешение, выдаваемое республиканским дорожным управлением, позволяет использовать автопоезда с максимальным весом до 55 тонн на республиканских дорогах и до 44 тонн на федеральных трассах (МТР 1996). В рассмотренном случае максимальный допустимый вес щеповоза может быть увеличен после получения соответствующего разрешения с 38 до 55 тонн.

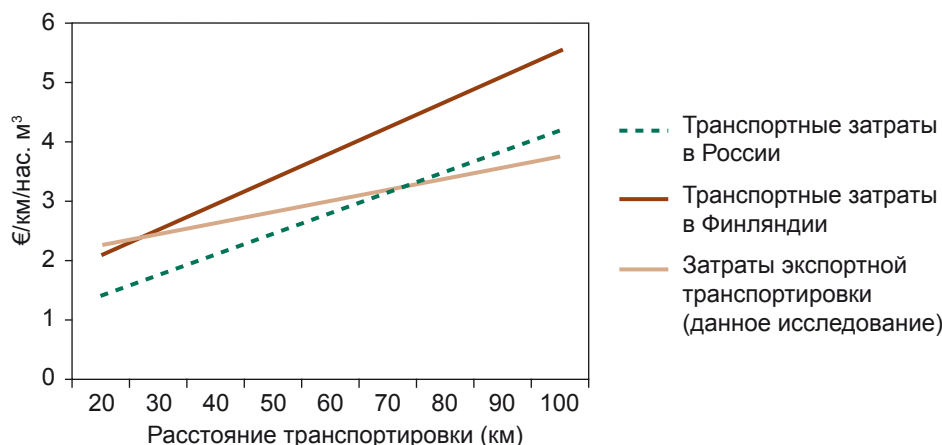


Рис. 3.11. Сравнительный анализ затрат на экспортную и внутреннюю транспортировку топливной щепы.

Эффективность транспортировки топливной щепы также зависит от ее постоянства. Транспортная компания предоставила данные, характеризующие объемы транспортировки щепы из России на котельные г. Лиекса (Рис. 3.12.).

На Рис. 3.12 видно, что наименьшее количество топливной щепы было поставлено компанией в ноябре и декабре 2009 года, когда сломалась мобильная рубильная установка на терминале Лендеры. Невозможность быстро сменить производителя топливной щепы делает рассмотренную цепочку уязвимой, что особенно опасно зимой, когда спрос на тепловую энергию растет.

Результаты опроса водителей щеповозов

Полученные результаты, независимо от опыта и образования респондентов, показали высокую профессиональность в транспортировке топливной щепы. Большинство водителей имели опыт транспортировки древесных материалов более 5 лет, кроме того, все имели более 10 лет опыта работы на транспорте. Кроме того, большинство опрошенных водителей получили специальное образование или закончили дополнительные курсы, связанные с лесным хозяйством и транспортом. Поэтому ожидалось получение надежных ответов на вопросы профессиональной части анкеты.

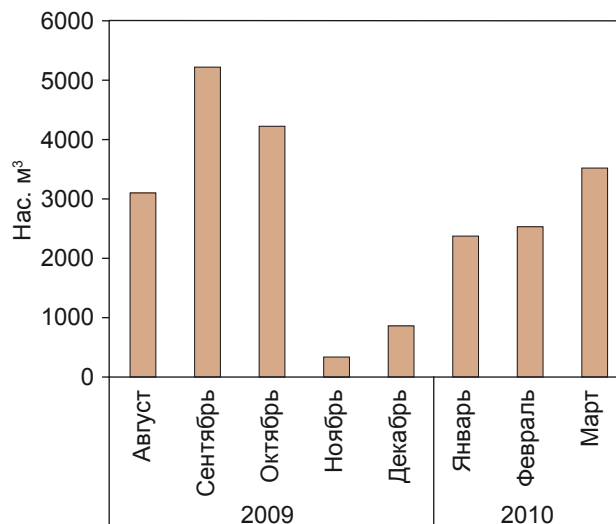


Рис. 3.12. Объемы экспортной транспортировки топливной щепы в течение одного года.

Опрос показал, что более 50% респондентов используют грузовые автомобили, специально предназначенные для транспортировки щепы, 10% используют модифицированные грузовые автомобили, изначально предназначенные для транспортировки других грузов, 40% респондентов не ответили. Личные навыки, как основа высокой производительности, были очень важны для 18% респондентов, важны для 28%, умеренно важны для 45% и имели низкую важность для 9%. Для большинства водителей (45%) достижение максимальной производительности было очень важным, важным для 19% и 36% не ответили. Опросы не показали однозначно, насколько важным для водителей является достижение максимальной производительности, так как значительное число респондентов не ответили на этот вопрос. Следующий вопрос был о важности размера зарплаты как стимула для улучшения производительности. Размер зарплаты был очень сильным стимулом для 36% опрошенных, сильным для 36%, умеренным для 19% и 9% водителей не ответили на вопрос. Такое распределение ответов объясняется формой оплаты – около 60% респондентов получали зарплату на сдельной основе, менее 20% получали почасовую оплату и около 20% водителей, в зависимости от грузопотока и других условий, получали зарплату, рассчитанную на основе комбинации почасовой и сдельной оплаты. Хотя опросы и не предоставили ясного ответа на вопрос о важности достижения максимальной производительности, ответы на вопрос о влиянии формы оплаты труда на производительность показали, что водители сильно мотивированы повышать производительность.

Результаты опросов показали, что наиболее часто эффективность экспортной транспортировки щепы снижается из-за неполной загрузки щеповозов. Из опрошенных водителей 73% имели случаи неполной загрузки своих щеповозов и только 18% водителей не сталкивались с этой проблемой, а 9% не ответили на этот вопрос. Почти половина респондентов считало, что неполная загрузка щеповозов оказывает очень сильное влияние на производительность, 27% предположили сильное влияние и 27% - умеренное влияние.

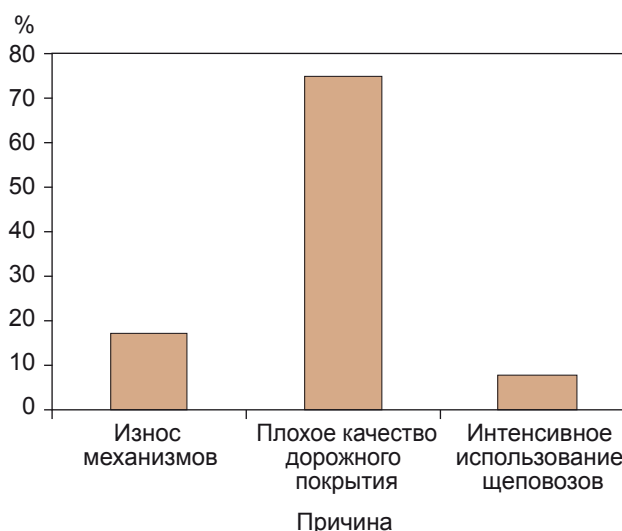
В результате проведения опросов было выявлено, что 36% опрошенных водителей были вынуждены проводить незапланированный сервис или ремонт своих щеповозов более 5 раз за год, 45% были вынуждены делать это 2–5 раз в год и только 9% сталкивались с незапланированным ремонтом 1 раз в год. Для 30% опрошенных водителей незапланированный ремонт означал увеличение рабочей нагрузки на 10%, для 50% водителей – от 10% до 20% и для 20% респондентов – от 20% до 30%. Водители указали несколько механизмов, чьи поломки влияли в наибольшей степени на производительность. Около 47% опрошенных водителей указали механизм разгрузки, 41% - коробку передач и 12% указали на топливную систему и трансмиссию. Возможные причины, вызывающие эти поломки, показаны на Рис. 3.13.

Рис. 3.13. Рис. 3.13 показывает, что плохое качество дорожного покрытия рассматривалось большинством респондентов (75%) как основная причина поломок щеповозов, 17% водителей указали на износ механизмов и 8% назвали основной причиной поломок интенсивное использование щеповозов. Все опрошенные водители отметили, что качество дорожного покрытия и развитость дорожной сети имеют очень сильное или сильное влияние на производительность транспортировки.

По мнению водителей, их производительность в некоторой степени зависит от метода загрузки, 18% водителей считают эту взаимосвязь очень сильной, 46% - сильной и 18% - умеренной или слабой. Все респонденты указали, что применение фронтального погрузчика является наиболее эффективным способом загрузки щеповозов.

Большинство опрошенных водителей не видело четкой связи между способом разгрузки и общей производительностью: 27% респондентов считают ее сильной, 37% - умеренной, 9% слабой и 27% очень слабой. Широко распространенная цепная система разгрузки признавалась наиболее эффективной.

Рис. 3.13. Возможные причины, вызывающие поломки щеповозов.

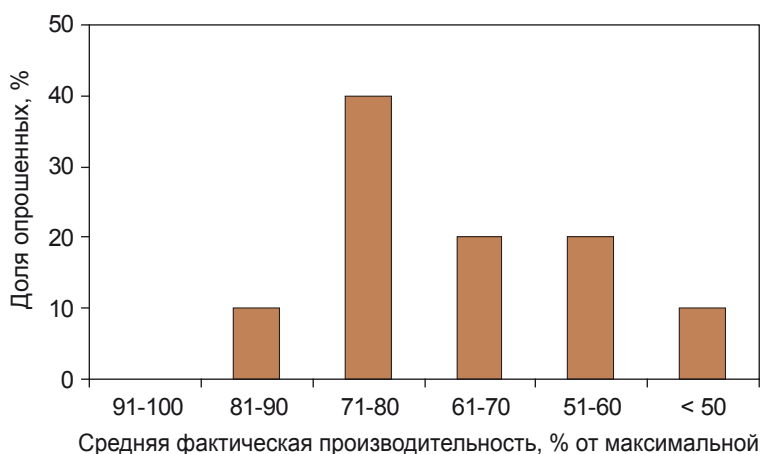


Из опрошенных водителей 36% сталкивалось с возвратами щепы из-за ее плохого качества обратно российскому производителю, но 64% не сталкивались с такой проблемой. Простой при пересечении границы были названы 64% респондентов очень важным фактором, влияющим на общую производительность, а 36% опрошенных считают простой на границе важным фактором.

Большинство респондентов указали, что задержки при погрузочно-разгрузочных операциях оказывали умеренное воздействие на общую производительность щеповозов. Таким образом, все вышеперечисленные факторы в той или иной мере влияют на производительность экспортной транспортировки топливной щепы. На Рис. 3.14 показано, как опрошенные водители оценили свою производительность в процентах от максимально возможной производительности.

Из Рис. 3.14 видно, что водители не могут полностью использовать возможности своих щеповозов. Только 9% опрошенных водителей оценили свою фактическую производительность в 81–90% от максимально возможной производительности щеповозов. Большинство водителей считало, что их фактическая производительность составляет от 51 до 80% максимально возможной производительности. Следует отметить, что только 9% респондентов оценили свою фактическую производительность ниже 50% от максимально возможной. Проведенные опросы позволили выделить несколько факторов, влияющих, по мнению водителей щеповозов, на производительность (Рис. 3.15).

Рис. 3.14. Оценка фактической производительности водителями щеповозов в процентах от максимально возможной производительности.



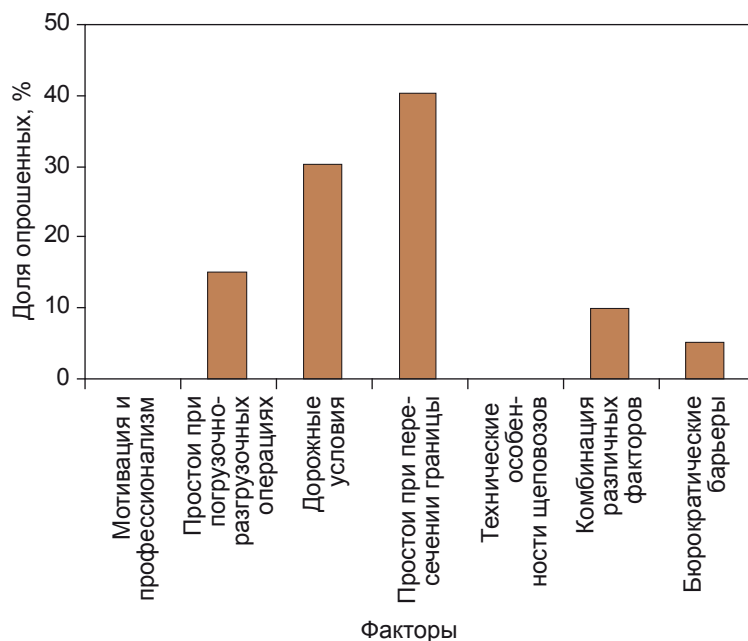


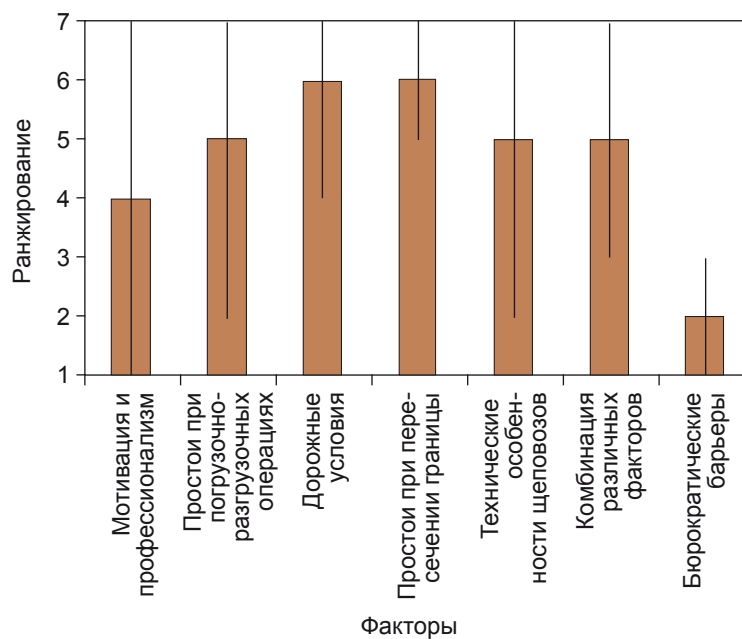
Рис. 3.15. Основные факторы, влияющие на производительность транспортировки.

Около 40% опрошенных водителей отметили простои при пересечении границы как главный фактор, влияющий на производительность, а 30% указали на дорожные условия в России. Другие факторы, такие, как простои при погрузочно-разгрузочных операциях, бюрократические барьеры при пересечении границы, и совокупность различных факторов оказывают воздействие на производительность по мнению 15%, 10% и 5% респондентов соответственно. В ходе опросов, водители должны были ранжировать разные факторы по степени их влияния на производительность. Результаты ранжирования показаны на Рис. 3.16.

Как видно из Рис. 3.16, наибольшее влияние на производительность, по мнению опрошенных водителей, оказывают плохие дорожные условия и простои при пересечении границы (средний ранг равен 6), к тому же, для этих 2 факторов было отмечено наименьшее расхождение оценок. Среди других факторов, оказывающих влияние на производительность, были указаны технические особенности щеповозов и комбинация различных факторов (средние ранг равен 5). Мотивация и профессионализм получили средний ранг равный 4. Интересно, что водители дали разные оценки таким очевидно взаимосвязанным факторам, как простои при пересечении границы (средний ранг равен 6) и бюрократические барьеры (средний ранг равен 2). Это объясняется тем, что простои при пересечении границы были часто вызваны не бюрократическими барьерами, а чрезмерным транспортным потоком, следовавшим через пункт пересечения границы.

В дополнение к вышеуказанным факторам, распорядок работы пункта пересечения границы Инари был указан как фактор, влияющий на производительность транспортировки щепы. В ходе опросов такой вопрос не задавался, однако эта проблема выяснилась при обсуждении данного исследования с директором одной из транспортных компаний. Действовавший распорядок работы пункта пересечения границы Инари был таким: часы работы в понедельник с 15:00 до 20:00, вторник, среда и четверг с 7:00 до 19:00, пятница с 7:00 до 17:00 и выходные дни – суббота и воскресенье. По мнению представителя транспортной компании, такой распорядок работы пункта пересечения границы оказывал негативное воздействие на транспортный поток и, следовательно, на эффективность транспортировки щепы. Поэтому в рассмотренном случае недельный нормативный рабочий план по пере-

Рис. 3.16. Ранжирование основных факторов, влияющих на производительность (1-наименьшее влияние, 7-наибольшее влияние; вертикальная черная линия на каждом из столбцов диаграммы показывает расхождение индивидуальных оценок).



возке щепы из 10 рейсов на терминал Лендеры и обратно не выполнялся, в лучшем случае делалось только 8 рейсов.

На границе между Республикой Карелия и Финляндией в настоящее время открыто 3 постоянных (Люття, Вяртсиля и Суоперя) и 12 временных пунктов пересечения границы: Корписелкя, Ристилахти, Куолисмаа, Хаапаваара, Воуница, Инари, Мякяярви, Ровкулю, Колвасярви, Коккярви, Кививаара, Сювяоро и Хекселя (ФАОГГРФ 2009). С точки зрения управления пунктами пересечения границы, наиболее сложными являются временные пункты. Некоторые из них открыты только для экспорта круглой древесины и по многим причинам, например, из-за дорожных условий, удаленного расположения, такие пункты пересечения границы могут быть закрыты на неопределенное время. Проведенные опросы показали, что такая ситуация с пунктами пересечения границы оказывает негативное влияние на международную торговлю. Постоянные пункты пересечения границы не справляются с транспортными потоками, когда закрываются временные пункты.

Другим фактором, влияющим на экспортную транспортировку топливной щепы, является продолжительность периода распутицы в Финляндии и России. В Республике Карелия период распутицы длится на месяц дольше, чем в Финляндии. В течение этого периода значительно снижается транспортировка древесины с лесосек, что влияет на работу терминалов, производящих топливную щепу, особенно, если на них не были созданы достаточные запасы сырья. Более того, если к терминалу не подведена дорога с твердым покрытием, то в этом случае транспортировка щепы с терминала становится невозможной.

Заключение

Представители транспортных компаний отметили, что в рассмотренном случае возможности по увеличению производительности транспортировки щепы ограничены существующим распорядком работы пункта пересечения границы Инари. В соответствии с Декретом № 142 от 23.02.1994 с поправками от ноября 2007 года (Статья 5, Параграф 3) надзор и регулирование работы временных пунктов пересечения границы должны осуществлять на основе двухсторонних соглашений, в разработке которых должны участвовать местные органы власти и другие заинтересованные стороны. В настоящее время транспортные компании

заинтересованы в изменении существующей ситуации. Однако, в данный момент видно, что мнения многих заинтересованных сторон, в особенности транспортных компаний, не принимаются во внимание должным образом. Уровень взаимодействия между транспортными компаниями и местными органами власти остается на низком уровне.

Поэтому необходимо предпринять определенные меры по улучшению работы пунктов пересечения границы. Открытое обсуждение сложившейся ситуации с привлечением всех заинтересованных сторон должно помочь решению данной проблемы и поиску компромиссов.

Вдобавок к улучшению инфраструктуры существуют другие возможности повысить производительность экспортной транспортировки топливной щепы. Минимальное время разгрузки щеповоза, отмеченное в этом исследовании, равнялось 30 минутам. Современные механизмы разгрузки щеповозов позволяют выгрузить из щеповоза 100 насыпных м³ щепы за время от половины до 3 минут, в зависимости от механизма разгрузки (LIFE 2011). Правильная организация разгрузочных операций, например, снижение времени ожидания разгрузки, сможет уменьшить время разгрузки.

Исследование Hakila (2004) для Финляндии показало, что если для производства топливной щепы используются лесосечные отходы, то затраты на транспортировку щепы составляют 35% от общих затрат на поставку щепы и 23%, если используется дровяная древесина. Поэтому в среднем транспортные затраты составляют 29% от стоимости поставки щепы. В российских условиях затраты на автомобильную транспортировку топливной щепы составляют 19% от общих затрат при рубках главного пользования и 17% при рубках ухода (Plavský et al. 2007). В данном исследовании затраты на экспортную транспортировку топливной щепы достигали 26% от общих затрат. Таким образом, сравнивая затраты на транспортировку щепы на расстояние равное 80 км, видно, что наибольшая доля транспортных затрат была связана с экспортом топливной щепы (26%), тогда как в Финляндии и России эта величина составила 23% и 19% соответственно.

Сравнительный анализ затрат на транспортировку топливной щепы показал, что для расстояния вывозки равном 80 км, наибольшими были затраты на транспортировку щепы в Финляндии (4,7 €/насыпной м³), что на 26% выше, чем в России (3,5 €/насыпной м³) и на 28% выше, чем в случае экспортной транспортировки щепы (3,4 €/насыпной м³). Однако, при расстоянии вывозки меньше 20 км транспортировка топливной щепы на экспорт становится самой дорогой в расчете на 1 км. При расстоянии вывозки больше 20 км экспортная транспортировка дешевле, чем транспортировка щепы внутри Финляндии. Затраты на экспортную транспортировку щепы и транспортные затраты внутри России сравниваются при расстоянии вывозки равном 70 км. При дальнейшем увеличении расстояния транспортировки затраты на экспортную транспортировку становятся ниже по сравнению с транспортными затратами внутри России. Такое изменение затрат объясняется двумя факторами. Для коротких международных перевозок увеличивается доля простоев при пересечении границы, что снижает производительность транспортировки и повышает транспортные затраты. Доля топливных расходов растет с увеличением расстояния транспортировки, однако в случае международных перевозок также растет и доля возвращаемого топливного НДС, потому что финские компании, занимающиеся международными автомобильными перевозками, освобождены от уплаты этого налога. Кроме того, следует помнить, что зарплата водителей в России ниже, чем в Финляндии.

Транспортные компании, перевозящие по рассмотренному маршруту топливную щепу из России в Финляндию, покупают дизельное топливо только в Финляндии, чтобы избежать рисков, связанных с возможно плохим качеством дизельного топлива в России. Поэтому разница между транспортными затратами может быть также объяснена разными ценами на топливо, уровнем зарплат и максимальным разрешенным весом автопоездов. При этом

состояние дорожной инфраструктуры в России также должно приниматься во внимание, потому что плохое состояние дорог в России может вызывать дополнительные расходы.

Статистические данные, предоставленные транспортной компанией и характеризующие объемы поставок топливной щепы с терминала Лендеры на котельные в г. Лиекса, показали, что данная цепочка поставки щепы ненадежна, так как зависит от доступности сырья для производства щепы и состояния рубительной установки на терминале. Доля российской топливной щепы в общем объеме топлива, используемого котельной г. Лиекса, составляет всего 10%. Эта котельная располагает площадями для хранения щепы, что позволяет создавать запасы топлива на случай перерывов в поставках.

В качестве альтернативы поставкам топливной щепы из России в Финляндию можно рассмотреть поставки неделовой древесины (например, круглой дровяной древесины) и организацию измельчения древесины на территории Финляндии. Однако, как показали проведенные опросы, данная схема была опробована компаниями и сопряжена со многими сложностями. В особенности, проблемой было то, что российская таможня могла классифицировать круглую дровяную древесину как деловую древесину, что означало повышение таможенных пошлин с 4 €/м³ с корой для дровяной древесины до 15 €/м³ с корой для балансовой древесины (ФТС 2009). Таким образом, эта альтернатива достаточно рискованна для компаний, так как может потребоваться заплатить более высокие таможенные пошлины.

Для топливной щепы российская экспортная пошлина равна 5% от таможенной стоимости щепы, кроме того, щепа в России дешевле, чем в Финляндии. Наиболее низкими цены на российскую топливную щепу были в 2009 году, когда большие объемы балансовой древесины были переработаны в щепу для Финляндии.

Ranta (2005) показал, что расстояние вывозки, особенно для топливной щепы, будет основной проблемой для эффективности поставок, к тому же, ожидается увеличение расстояния вывозки в будущем. Поэтому особое значение будет приобретать проблема экономически выгодной транспортировки с минимальными энергетическими затратами.

Протяженность изученного маршрута экспортной транспортировки топливной щепы составила 82 км, большая часть которого проходила по территории Финляндии. Результаты проведенного исследования показали, что затраты на экспортную транспортировку топливной щепы с терминала Лендеры в России до г. Лиекса, Финляндия, меньше, чем транспортные расходы при внутренних поставках щепы в Финляндии. Данное исследование показало, что стоимость экспортной транспортировки топливной щепы зависит от нескольких факторов, например, загрузка щеповозов на экспортных поставках щепы ниже по сравнению с загрузкой щеповозов, работающих только в Финляндии, 90–110 и 120–140 насыпных м³ соответственно. Однако, конкурентоспособность российской топливной щепы обеспечивается более низкими затратами на заготовку древесины, более низким средним уровнем зарплат и менее дорогим топливом для машин. Кроме того, относительно слабый спрос на низкосортную древесину в России создает хорошие условия для ее экспорта в Финляндию. Ограниченное число производителей топливной щепы в Республике Карелия делают поставки щепы из этого региона ненадежными и сопряженными со значительными рисками. Например, объем щепы транспортируемой по рассмотренному маршруту сократился за 2 месяца почти в 9 раз из-за поломки рубительной установки на терминале. В то же время развитие производства топливной щепы в России в большой степени зависит от спроса на внешних рынках, так как местный спрос на топливную щепу невелик, и обычные дрова остаются преобладающим видом древесного топлива на местном уровне (Raitila et al. 2009).

Опрошенные водители щеповозов указали, что плохие дорожные условия в России и простои при пересечении границы являлись наиболее важными факторами, влияющими на эффективность экспортной транспортировки топливной щепы. Дополнительные факторы,

влияющие на эффективность экспортной транспортировки, были выявлены при обсуждении данного исследования с транспортными компаниями. Например, компании отметили негативное влияние на производительность действующего распорядка работы пункта пересечения границы Инари и непроходимость дорог в России в течение 2 месяцев. Вместе эти факторы снижают производительность транспортировки топливной щепы. В рассмотренном случае было сделано только 8 из 10 запланированных на неделю рейсов. Правильно применяемые меры смогут повысить общую эффективность транспортировки и снизить транспортные расходы. В результате может быть увеличена дистанция транспортировки топливной щепы, что позволит поставлять щепу с большей территории. Необходимо больше инвестировать в дорожную инфраструктуру в России и улучшать таможенные процедуры и законодательство.

Литература

- Герасимов Ю.Ю., Сибиряков К.Н., Мошков С.Л., Вяльккю Э., Карвинен С. 2009. Расчет эксплуатационных затрат лесосечных машин. НИИ леса Финляндии, Йоэнсуу. 44 с. Доступно на: <http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1799>.
- Григорьев, М. 2007. Повышение роли местных топливно-энергетических ресурсов в обеспечении энергетической безопасности Северо-Запада России. Газовый бизнес, Июль-Август 2007: 28–34.
- Девяткин, В. (гл. ред.). 1999. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. Государственный комитет РФ по охране окружающей среды. 65 с.
- Карелиястат. 2009. Республика Карелия в цифрах. Население. Численность постоянного населения. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия. Доступно на: <http://krl.gks.ru/digital/region1/DocLib/dem1.htm>.
- Карелиястат. 2010. Экспорт щепы и топливной древесины из Республики Карелия. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия. 2 с.
- Карелиястат. 2008. Лесопромышленный комплекс регионов Северо-Западного федерального округа России. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия. 201 с.
- Минтранс РФ. 1996. Инструкция по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом по дорогам Российской Федерации. Министерство транспорта Российской Федерации.
- МЭР РК. 2011. Средние цены на древесину и древесное топливо. Министерство экономического развития Республики Карелия. Доступно на: http://www.gov.karelia.ru/gov/Power/Ministry/Development/Prices/price_wood_1012e.html.
- ПРК, 2010б. Лесной отрасли Карелии удалось справиться с трудностями. Правительство Республики Карелия. Доступно на: http://www.gov.karelia.ru/gov/News/2010/02/0218_03.html.
- ПРК. 2007. Региональная целевая программа «Активное вовлечение в топливно-энергетический комплекс Республики Карелия местных топливно-энергетических ресурсов на 2007-2010 годы». Правительство Республики Карелии. Доступно на: <http://www.gov.karelia.ru/Legislation/lawbase.html?lid=581>
- ПРК. 2010а. Региональная стратегия развития топливной отрасли Республики Карелия на основе местных энергетических ресурсов на 2011-2020 годы. Правительство Республики Карелия. Доступно на: <http://www.gov.karelia.ru/gov/Legislation/lawbase.html?lid=4442>
- ПРФ. 1994. Постановление 23 февраля 1994 г. N 142 г. О подписании Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Финляндской Республики о пунктах пропуска через российско-финляндскую государственную границу. Доступно на: http://lawrussia.ru/texts/legal_383/doc383a720x887.htm.
- ПРФ. 2009. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждено указом № 1715-р правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 года.

- Республика Карелия (краткая информация). Официальный портал органов государственной власти Республики Карелия. Доступно на: http://www.gov.karelia.ru/gov/Different/karelia3_e.html.
- Рослесинфорг. 2008. Сведения государственного статистического наблюдения по лесопользованию за 2007 год. Федеральное государственное унитарное предприятие «Рослесинфорг».
- Сюнёв В.С., Соколов А.П., Коновалов А.П., Катаров В.К., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., Карвинен С., Вяльккю Э. 2008. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия. НИИ Леса Финляндии. 126 с. Доступно на: <http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1643>.
- ФАОГГРФ. 2009. Рабочая группа изучает опыт по организации и функционированию пунктов пропуска. Федеральное агентство по обустройству государственной границы Российской Федерации.
- ФСГС. 2010. Индексы тарифов на грузовые перевозки основными видами транспорта. Федеральная служба государственной статистики. Доступно на: <http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/dbinet.cgi?pl=1934004>.
- ФТС. 2009. Экспортная статистика. Федеральная Таможенная Служба. Доступно на: <http://www.customs.ru>.
- Alakangas, E. 2005. Properties of wood fuels used in Finland, Technical Research Centre of Finland, VTT Processes, Project report PRO2/P2030/05 (Project C5SU00800), Jyväskylä 2005, 90 с. + приложения 10 с.
- Alakangas, E. 2010. European standard (EN 14961) for wood chips and hog fuel. VTT Technical Research Centre of Finland. Forest Bioenergy 2010 – Book of Proceedings, с. 329-341.
- Alakangas, E., Valtanen, J. and Levlin, J.E., 2006. CEN technical specification for solid biofuels - Fuel specification and classes, Biomass and Bioenergy, Volume 30, Issue 11, Standarisation of Solid Biofuels in Europe, Standarisation of Solid Biofuels in Europe, ISSN 0961-9534. Доступно на: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2006.06.001>.
- Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta. §23 Auton ja perävaunun yhdistelmän kokonaismassa. 1997. Доступно на: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1997/19970670>.
- Eurostat 2009. Demographic Outlook – National reports on the demographic developments in 2007. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 65 с.
- Gerasimov, Y. and Karjalainen, T. 2009b. Assessment of Energy Wood Resources in Northwest Russia. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 108. 52 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp108.htm>.
- Gerasimov, Y., Karvinen, S. and Leinonen, T. 2009a. Atlas of the forest sector in Northwest Russia 2009. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 131. 43 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp131.htm>.
- Gerasimov, Yuri and Karjalainen, Timo. 2009a. Estimation of supply and delivery cost of energy wood from Northwest Russia. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 123. 21 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp123.htm>.
- Goltsev, V., Ilavský, J., Gerasimov, Y. and Karjalainen, T. 2010. Potential biofuel development in Tikhvin and Boksitogorsk districts of the Leningrad region – The analysis of energy wood supply systems and costs. Forest Policy and Economics 12 no. 4 (2010): 308-316.
- Goltsev, V., Trishkin, M. and Tolonen, T. 2011. Efficiency of forest chip transportation from Russian Karelia to Finland. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 189. 42 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp189.htm>.
- Hakkila, P. 2004. Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999—2003, Technology Programme Report 6/2004. Final report. Helsinki 2004. 99 с.
- Hakkila, P. 2006. Factors driving the development of forest energy in Finland. Biomass and Bioenergy, 30(4), 281-288. Доступно на: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0961953405001546>.
- Heinimo, J. 2008. Methodological aspects on international biofuels trade: International streams and trade of solid and liquid biofuels in Finland. Biomass and Bioenergy 32(8): 702-716. Доступно на: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0961953408000111>.

- Ilavský, J., Goltsev, V., Karjalainen, T., Gerasimov, Y. and Tahvanainen, T. 2007. Energy Wood Potential, Supply Systems and Costs in Tihvin and Boksitogorsk Districts of the Leningrad Region. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 64. 37 s. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2007/mwp064.htm>
- Kofman, P.D. 2007. Ordering and receiving wood chip fuel, COFORD Connects Note Processing/ Products nr 8, Dublin, 2007.
- Lindblad, J., Äijälä, O., Koistinen, A. 2008. Energiapuun mittaus. Доступно на: http://www.metla.fi/metinfo/tietopaketit/mittaus/aineistoja/energiapuun_mittausopas_EMT_hyvaksyty_27092010.pdf
- LIPE. 2011. Technical specification of the LIPE chip trailers. Доступно на: http://www.anttiranta.com/pdf/esite/ESITE_LIPE_ENG.pdf.
- Ministry of Trade and Industry, 2000. Action plan for renewable energy sources. Publications 1/2000.
- OECD/IEA, 2003. Renewables in Russia - From Opportunity to Reality. International Energy Agency, 2003. ISBN 92-64-105441.
- Palvelujen ulkomaankaupan arvonlisäverotus 1.1.2010 alkaen. 2010. Verohallinto. Arvonlisäverotus/ Kansainvälinen kauppa.
- PÖYRY. "Polttoaineiden hintataso." Bioenergia, no. 4 (2010): 48.
- Puun energiakäyttö 2009. Toimittaja: Esa Ylitalo. Metsähakkeen käyttö nousi yli 6 miljoonan kuutiometrin. Metsäntutkimuslaitos, Metsätalastollinen tietopalvelu. Metsätalastotiedote 16/2010, 28.4.2010.
- Raitila, J., Virkkunen, M., Flyktman, M., Leinonen, A., Gerasimov, Y. and Karjalainen, T. 2009. The pre-feasibility study of biomass plant in Kostomuksha. Research Report VTT-R-08372-08. 54 s.
- Rakitova, O., Ovsyanko, A., Sikkema, R. and Junginger, M. Wood Pellets Production and Trade in Russia, Belarus and Ukraine, 2009. Доступно на: http://www.pelletsatlas.info/pelletsatlas_docs/showdoc.asp?id=090520131636&type=doc&pdf=true
- Ranta, T. 2002. Logging residues from regeneration fellings for biofuel production - a GIS-based availability and supply. Thesis for the degree of Doctor of Science. Lappeenranta University of Technology.
- Ranta, T. 2005. Logging residues from regeneration fellings for biofuel production—a GIS-based availability analysis in Finland. Biomass and Bioenergy, Volume 28, Issue 2, February 2005, c. 171-182.
- Renewable energy policy review. Finland 2009. In the framework of the EU co-funded project: RES 2020: Monitoring and Evaluation of the RES Directives implementation in EU27 and policy recommendations to 2020.
- Tilastokeskus, 2010. Kuorma-autoliikenteen kustannukset nousivat vuodessa 2,7 prosenttia. Kuorma-autoliikenteen kustannusindeksi. Доступно на: http://www.tilastokeskus.fi/til/kalki/2009/12/kalki_2009_12_2010-01-18_tie_001_fi.html.

3.2 Эргономика

Введение

В этой главе представлены результаты исследования, опубликованного ранее на английском языке (Gerasimov & Sokolov 2009).

В России лесосечные работы долгое время ассоциировались с высоким риском несчастных случаев на рабочем месте, что было вызвано низким уровнем механизации. Количество несчастных случаев с летальным исходом оценивалось в 1,4 смерти на 1 млн м³ заготовленной древесины (Gerasimov & Karjalainen 2008). В настоящее время особое внимание уделяется безопасности и улучшению условий труда на лесозаготовках, как части социальной ответственности компаний. Более того, комфортные условия труда могут сделать работу в лесозаготовительной отрасли более привлекательной и популярной для молодежи (Syuneyv et al. 2008).

Эргономика лесосечных работ является одним из критических факторов, влияющих на развитие лесозаготовок в России, поэтому основной целью данного исследования было сравнение эргономических характеристик лесозаготовительной техники и разработка конкретных предложений по улучшению условий труда.

Данные и методы

Существует необходимость в разработке и применении универсального метода оценки эргономических характеристик лесозаготовительных операций и выбора технологии заготовки, наиболее подходящей для условий России. Авторами данной работы было выполнено всестороннее исследование эффективности технологий лесозаготовок, используемых в настоящее время в России. Республика Карелия была выбрана для проведения этого исследования, потому что этот регион представляет собой пример использования широкого спектра лесозаготовительного оборудования и технологий в различных условиях, типичных для Северо-Запада России. Исследование было выполнено в 2007–2009 годах и охватывало 15 лесозаготовительных компаний, на которые приходилось около 40% от общего объема заготовки в Карелии. Выбранные компании проводили заготовку древесины на всей территории Республики Карелия (Рис. 3.17) в различных природно-производственных условиях, используя как российские, так и импортные лесные машины, и следующие варианты лесозаготовительных технологий:

- МСМ (ХР+ФР) – механизированный сортиментный метод: валка деревьев, обрезка сучьев и раскряжевка харвестером, транспортировка древесины к дороге форвардером;
- МЗД (ВПМ+ТТЗ) – механизированная заготовка деревьями: валка деревьев валочно-пакетирующей машиной; транспортировка древесины к дороге трелевочным трактором с захватом;
- ЧСМ (МП+ФР) – механизированный сортиментный метод: валка деревьев, обрезка сучьев и раскряжевка мотопилами, транспортировка древесины к дороге форвардером;
- ХМ (МП+ЧТМ) – механизированный хлыстовый (традиционный) метод: валка деревьев мотопилами; обрубка сучьев топорами/мотопилами, транспортировка древесины к дороге чокерным трелевочным трактором;
- ЧЗД (МП+ЧТМ+СМ) – механизированная заготовка деревьями: валка деревьев мотопилами; транспортировка древесины к дороге чокерным трелевочным трактором, обрезка сучьев сучкорезной машиной.

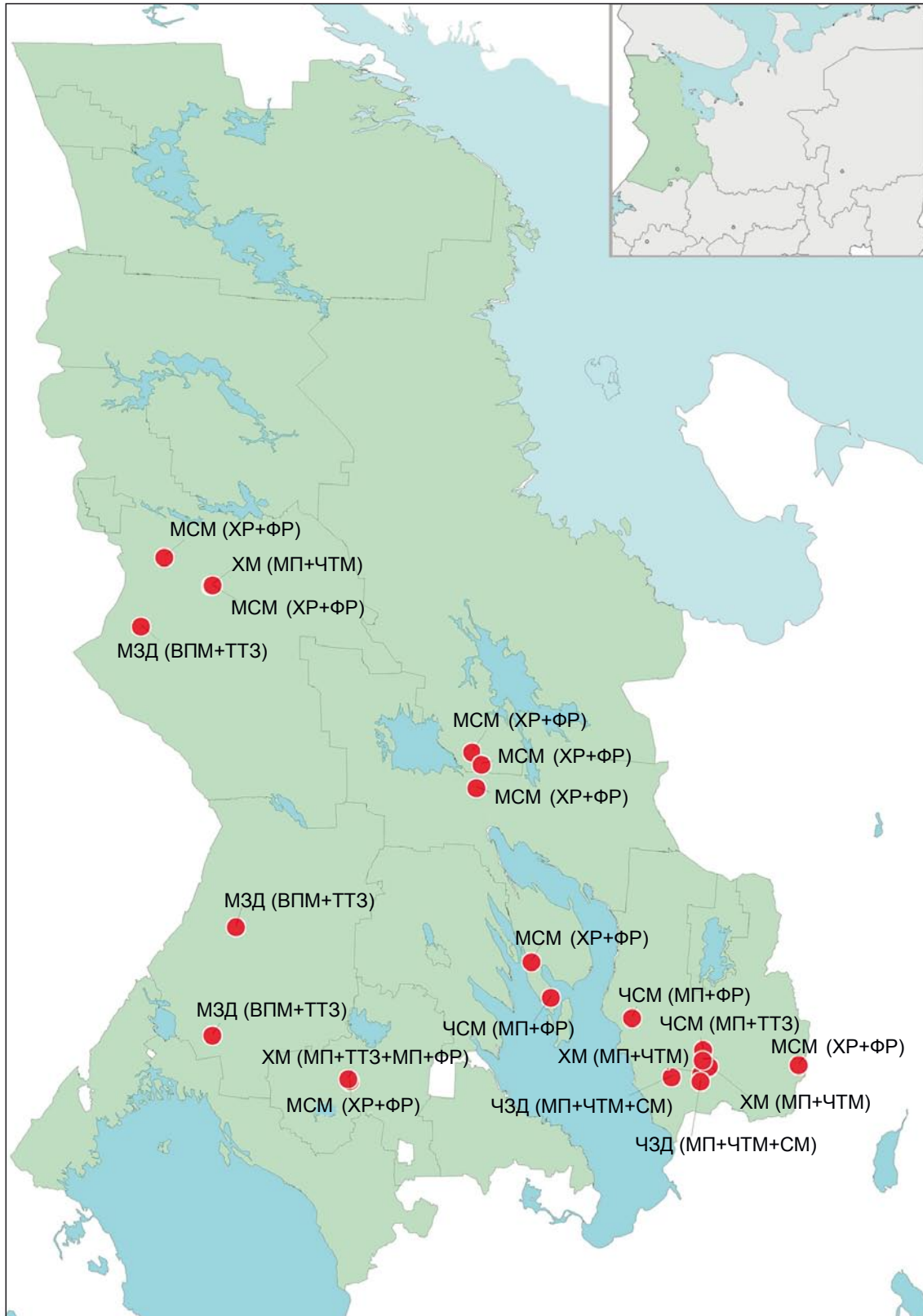


Рис. 3.17. Карта мест полевых исследований.

Таблица 3.11. Список изученных машин.

Технология	Тип машины	Модель	Число
Сортиментная	Харвестер	John Deere 1070D	2
	Харвестер	Volvo EC210BLC	1
	Харвестер	Valmet 901.3	1
	Харвестер	Valmet 911.3	1
	Форвардер	Timberjack 1010D	3
	Форвардер	John Deere 1110D	3
	Форвардер	John Deere 1410D	2
	Форвардер	Valmet 840.3	1
Деревьями	Валочно-пакетирующая машина	Timberjack 850	1
	Трелевочный трактор с захватом	Timberjack 460D	3
Хлыстовая и деревьями	Чокерный трелевочный трактор	ТДТ-55А	3
	Чокерный трелевочный трактор	ТЛТ-100	2

Сбор и обработка данных проходили в соответствии с общепринятым подходом. Различные параметры, влияющие на эргономику и условия труда, были замерены прямо на рабочем месте в фактических рабочих условиях. Затем полученные результаты были сравнены с действующими нормативами и стандартами, чтобы установить степень соответствия измеренных параметров установленным нормативным значениям. Полученные оценки степени соответствия всех замеренных параметров были сведены к одному индикатору – так называемому показателю интегральной тяжести труда. Это показатель дает возможность выполнять прямое сравнение условий труда на различных рабочих местах. В зависимости от значения этого показателя, условия труда были охарактеризованы как комфортные, относительно дискомфортные, экстремальные и сверхэкстремальные.

Сбор и обработка полевых данных

Полевые исследования были выполнены на 23 лесосеках, расположение которых показано на Рис. 3.17.

Всего в ходе полевых исследований было изучено 25 лесозаготовительных машин 13 моделей (харвестеры, форвардеры, валочно-пакетирующие машины, чокерные трелевочные трактора и трелевочные трактора с захватом) (Таблица 3.11).

Всего в ходе полевых исследований было замерено более чем 120 параметров характеризующих эргономику и представленных в российских и шведских эргономических стандартах, включая:

- Геометрические характеристики, такие как размерные параметры кабины, комфортность сидения и его расположение в кабине, расположение органов управления и положение тела оператора были замерены с помощью линеек, измерительных лент и угломеров. Измерения каждого из параметров были усреднены.
- Усилия на органах управления были замерены с помощью лабораторного динамометра, 5 измерений каждого из параметров были усреднены.
- Характеристики шума и вибраций, действующих на оператора, были замерены отдельно для всех операций рабочего цикла с помощью виброметра и шумомера. Было сделано 20 измерений для каждой из операций рабочего цикла, их значения были усреднены и взвешены соответственно долям операций в общем рабочем цикле.
- Степень очистки ветрового стекла была оценена с использованием фотосъемки.

Другим важным фактором, влияющим на общую комфортность работы на машине, является средняя доля времени, в течение которого оператор вынужден находиться в неудобных позах тела.

Рабочий цикл был проанализирован в соответствии с Фрумкин и др. (1999) и оценен с помощью нормированных показателей стереотипности и логической сложности.

Соответствие действующим стандартам и наставлениям

Соответствие эргономических характеристик действующим стандартам и нормативам было определено согласно Фрумкин и др. (1999).

Нижеприведенные источники эргономических стандартов и наставлений, которые были приняты во внимание:

- Государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р 51863-2002, ГОСТ 12.2.102-89, ГОСТ 12.1.012-90, ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.2.120-88);
- Эргономические наставления ВНИИТЭ (1983);
- Эргономические наставления Шведского национального института труда, Научно-исследовательского института лесного хозяйства Швеции и Шведского университета сельскохозяйственных наук (Frumerie 1999);
- Исследования по эргономике Песков (2004) и Фрумкин и др. (1999).
- В случаях, когда могли быть использованы разные требования к эргономическим характеристикам, приоритет получали государственные стандарты Российской Федерации.

Характеристики условий труда

Эргономические характеристики были объединены в следующие группы:

- Расположение и ход органов управления.
- Усилия, необходимые для использования органов управления.
- Рабочая поза оператора.
- Сидение оператора.
- Кабина и положение сидения в кабине.
- Повторяемость и логическая сложность работы.
- Обзор в рабочем направлении и в направлении движения и степень очистки остекления кабины.
- Шум.
- Вибрация.

Оценка эргономичности машины по эргономическим группам проводилась с использованием представленной ниже формулы для расчета интегрального показателя:

$$p = \sum_{i=1}^m V_i \cdot \alpha_i, (0.1)$$

где:

V_i – степень соответствия i -нормативу;

α_i – вес i -норматива в m -нормативах эргономической группы.

Каждый из интегральных показателей может принимать значения от 0 до 1. Чем выше значение, тем лучше эргономика машины по данной группе параметров. Таким образом, используя конкретные эргономические требования можно оценивать разные машины.

Полная оценка эргономичности машин была выполнена с помощью показателя интегральной тяжести труда (Фрумкин и др. 1999). Интегральная тяжесть труда принимает значения от 0 до 6. При этом, чем выше значение, тем тяжелее условия труда. Таким образом, можно сравнивать разные машины по данному обобщенному эргономическому критерию.

Результаты

Машины для сортиментного метода

Харвестеры

Наблюдения за рабочим циклом харвестеров, видеозаписи, и хронометрические наблюдения показали, как распределяется рабочий цикл харвестера по элементам, важным с точки зрения эргономики: 55% времени приходится на обработку стволов (обрезка сучьев и раскряжевка), 16% – валка деревьев, 4% – передвижение (движение машины к новой позиции) и 27% – холостой ход.

С точки зрения удобства рабочей позы оператора, харвестер – комфортная машина. Операторы харвестеров Valmet и Volvo в типичных условиях почти все время находятся в удобных позах тела, так как эти модели харвестеров имеют поворачивающиеся кабины, и операторы всегда могут наблюдать за рабочим процессом смотря прямо вперед без необходимости значительно поворачивать голову. В харвестерах John Deere, которые не оборудованы поворачивающимися кабинами, операторы проводят около 8% времени в неудобном положении. В данном случае неудобное положение характеризуется тем, что оператор должен достаточно существенно поворачивать голову для наблюдения за обрезкой сучьев и раскряжевкой.

В Таблице 3.12 показаны основные интегральные показатели условий труда для исследованных моделей машин. Значения интегральных показателей изменяются от 0 до 1. Чем выше значение, тем лучше условия труда.

Таблица 3.12. Основные интегральные показатели условий труда операторов лесосечных машин.

Эргономическая характеристика	John Deere 1070D	John Deere 1270D	Volvo EC210BLC	Valmet 901.3	Valmet 911.3	John Deere 1010	Timberjack 1110D	John Deere 1410D	Valmet 840.3	Timberjack 850	Timberjack 460D	ТДТ-55А	ТЛТ-100
Расположение и ход органов управления	0,86	0,86	0,87	0,75	0,75	0,89	0,82	0,84	0,70	0,90	0,73	0,68	0,84
Необходимое усилие на органах управления	1,00	0,98	0,99	1,00	1,00	0,90	1,00	0,99	1,00	1,00	0,98	0,71	0,70
Органы, управляемые руками	0,89	0,89	0,88	0,81	0,81	0,87	0,86	0,86	0,84	0,84	0,90	0,50	0,55
Органы, управляемые ногами (педаль)	0,90	0,89	0,91	0,81	0,81	0,87	0,87	0,89	0,77	0,98	0,72	0,80	0,94
Рабочая поза	0,89	0,89	0,89	0,78	0,78	0,90	0,90	0,89	0,75	0,91	0,89	0,87	0,84
Сидение оператора	0,86	0,86	0,73	0,75	0,75	0,88	0,86	0,86	0,77	0,70	0,70	0,40	0,55
Кабина и положение в ней сидения	0,74	0,74	0,72	0,71	0,71	0,65	0,71	0,72	0,65	0,75	0,54	0,47	0,66
Шум	0,75	0,74	0,70	0,76	0,71	0,61	0,62	0,70	0,64	0,60	0,33	0,19	0,32
Вибрация	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,98	0,99	0,98	0,98	0,69	0,21	0,55
Углы обзора	0,81	0,81	1,00	0,48	0,48	0,99	0,99	0,97	0,98	0,63	0,99	0,97	0,97
Обзор в рабочем направлении	0,86	0,97	0,99	1,00	1,00	0,95	0,89	0,79	0,85	0,99	0,45	1,00	1,00
Обзор в направлении движения	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,98	0,46	0,46	0,46	1,00	0,00	0,99	1,00
Степень очистки остекления кабины	0,90	0,90	0,63	0,69	0,69	0,53	0,71	0,71	0,67	1,00	0,56	0,00	0,70
Стереотипность	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,81	0,31	1,00	1,00
Логическая сложность	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,98	0,98	0,98	0,98	1,00	1,00	0,91	0,91

Харвестеры Valmet получили наименьшую оценку в категории «расположение и ход органов управления». Органы управления харвестерами Valmet не соответствуют требованиям 3 российских стандартов и нормативов, а именно: диаметр контрольной рукоятки больше рекомендованного (49 мм против нормативных 20–40 мм); расстояние между педалями, используемыми одной и той же ногой слишком мало (40 мм против нормативных 50 и более мм), кроме того, ход педалей был слишком коротким (50 мм против нормативных 70–100 мм). Низкие оценки харвестеров Valmet в категориях «рабочая поза» и «сидение оператора» вызваны относительно более тесной кабиной этих харвестеров по сравнению с кабинами харвестеров John Deere. Такая конструкция кабины харвестеров Valmet не соответствует российским нормативам, устанавливающим требования к диапазонам вертикальной и горизонтальной регулировки положения сидения оператора, а, следовательно, ведет к менее комфортному положению оператора (по величине углов в суставах рук и ног). Сидения операторов в харвестерах Volvo имели слишком узкие подлокотники и нерегулируемую спинку.

Параметры шума и вибрации в изученных моделях харвестеров отличались незначительно. Интегральный показатель шума был около 0,7, а показатель вибрации почти 1.

Нахождение угла вертикального обзора (который является наиболее важным для харвестеров) на границе диапазона, установленного в российских стандартах, стало причиной сравнительно низких оценок харвестеров Valmet в категории «углы обзора».

Показатели интегральной тяжести труда для всех изученных харвестеров, рассчитанные на основе измерений, оказались в пределах от 3,2 до 3,4, т.е. рабочие условия операторов харвестеров могут быть оценены как комфортные (Рис. 3.18).

Форвардеры

Хронометрическое исследование показало следующее распределение времени рабочего цикла форвардеров по рабочим элементам, важным с точки зрения эргономики: 73% - погрузка и разгрузка; 16% - транспортировка древесины; 8% - движение без груза; 3% - холостой ход. В соответствии с результатами хронометрического исследования, операторы

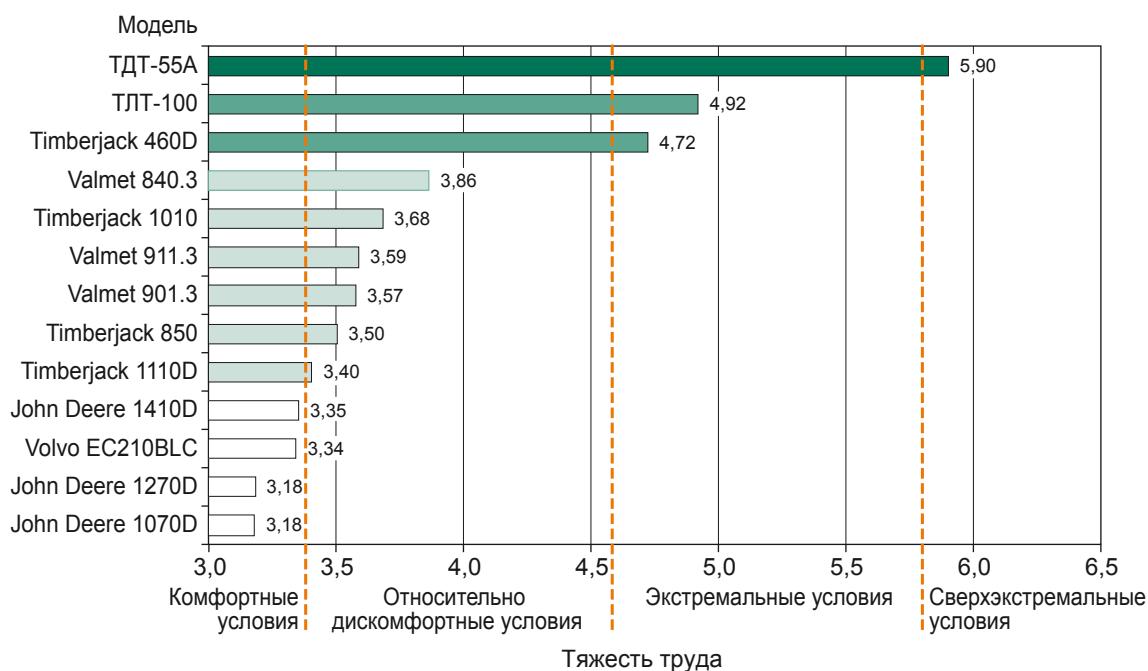


Рис. 3.18. Показатель интегральной тяжести труда для рассмотренных моделей машин.

форвардеров проводят много времени в неудобных позах (сильно поворачивая голову и тело при погрузке и разгрузке), в среднем 23% от общего рабочего времени.

В Таблице 3.12 показаны значения основных показателей, описывающих рабочие условия в изученных моделях форвардеров. Наименьшую оценку в категориях «положение и ход органов управления» и «органы, управляемые ногами (педали)» получил форвардер Valmet 840.3. Причины те же, что и у харвестеров этого производителя, – расстояние между педалями, управляемых одной и той же ногой, и ход педалей не соответствуют рекомендованным значениям. Значения индикаторов категорий «рабочая поза» и «сидение оператора» были не высокими из-за малых диапазонов регулировки положения сидения, которые находились на пределе рекомендованных значений. Видимость в рабочем направлении была значительно выше у форвардера John Deere 1010, который имеет более короткий капот (более компактный моторный отсек). Обзор в рабочем направлении был несколько ниже у форвардера John Deere 1410D из-за больших размеров этой модели.

Таким образом, рабочие условия операторов форвардеров Timberjack 1110D могут считаться комфортными ($I=3,4$), а операторы остальных моделей форвардеров работают в относительно дискомфортных условиях (интегральная тяжесть труда I от 3,4 до 4,5). Как и для харвестеров, разница в значениях показателя тяжести труда была незначительной (Рис. 3.18).

Машины для заготовки древесины хлыстами и деревьями

Валочно-пакетирующая машина

В ходе этого исследования была изучена только одна модель валочно-пакетирующей машины – Timberjack 850. Хронометрическое исследование показало, что время рабочего цикла валочно-пакетирующей машины распределяется по элементам, важным с точки зрения эргономики, следующим образом: 58% - обработка (захват стволов и пакетирование); 9% - валка; 33% - движение (переезд машины к новой позиции).

При оценке эргономики машина получила высокие оценки по большинству категорий. В Таблице 3.12 представлены результаты замеров.

В соответствии с результатами замеров рабочие условия операторов валочно-пакетирующей машины Timberjack 850 характеризуются как относительно дискомфортные, так как коэффициент тяжести труда I принимал значения от 3,4 до 4,5, со средним значением равным 3,5 (Рис. 3.18).

Трелевочные тракторы

Из российской техники были изучены 2 модели гусеничных трелевочных тракторов – ТДТ-55А и ТЛТ-100 производства Онежского тракторного завода. Была изучена также 1 модель колесного трелевочного трактора – Timberjack 460D. Хронометрическое исследование показало следующее распределение времени рабочего цикла российских трелевочных тракторов по элементам, важным с точки зрения эргономики: 28% - трелевка; 38% - движение без груза; 15% - загрузка; 19% - холостая работа (стоянка при чокеровке стволов). Средняя доля времени, которое операторы трелевочных тракторов проводят в неудобных позах, составляет 25% от общего рабочего времени. Число различных неудобных поз при работе на российских трелевочных тракторах больше по сравнению с другими машинами.

Хронометрическое исследование показало следующее распределение времени рабочего цикла трелевочного трактора с захватом Timberjack 460D по элементам, важным с точки зрения эргономики: 45% - трелевка; 39% - движение без груза; 12% - погрузка; 4% - холостая работа. Оператор трелевочного трактора вынужден проводить значительное время в неудобных позах (31% от рабочего времени), что вызвано технологией работы колесного

треловочного трактора с захватом и конструкцией кабины исследуемого трактора. Оператор принимает наиболее типичное неудобное положение, когда он вынужден значительно повернуть голову и тело для наблюдения за процессом погрузки и разгрузки, а также при движении машины для наблюдения и управления захватом и положением пачки.

Результаты исследования для треловочных тракторов показаны в Таблице 3.12. По большинству показателей, треловочный трактор ТЛТ-100 превосходит треловочный трактор ТДТ-55А, так как ТЛТ-100 более поздняя модель, оборудованная более удобной и просторной кабиной с более комфортным подпружиненным сиденьем и т.д. Поэтому показатели эргономичности треловочного трактора ТЛТ-100 в 2–3 раза выше.

Основными недостатками треловочного трактора Timberjack 460D являются тесная кабина, более высокий уровень шума и плохой обзор (видимость в направлении движения полностью не соответствует рекомендациям, т.к. расстояние, на котором из кабины видна земля перед машиной больше 14 м. Также должен быть отмечен высокий уровень стереотипности рабочего цикла.

Таким образом, рабочие условия операторов треловочных тракторов ТЛТ-100 характеризуются как экстремальные ($I=4,9$, в пределах 4,6–5,8), тогда как для ТДТ-55А они были сверхэкстремальными ($I=5,9$) (Рис. 3.18). Операторы треловочного трактора Timberjack 460D работают в экстремальных рабочих условиях ($I=4,7$).

Однако, для этих машин наблюдалась значительная разница в значениях интегральной тяжести труда, рассчитанных на основе инструментальных методов и полученных по результатам опросов операторов (Sokolov et al. 2008). В действительности в таких условиях остаются работать только операторы, которые благодаря высокой способности к адаптации не воспринимают условия труда как сверхэкстремальные. Другие операторы просто увольняются, что подтверждается результатами данного исследования, в котором опрошенные операторы имели значительный опыт работы.

Обсуждение и заключение

Последние модели машин John Deere и Volvo заняли лидирующее положение по комфортности рабочих условий (Рис. 3.18). В отношении других машин для сортиментной заготовки древесины полученные результаты исследования были почти одинаковы, каждая из этих машин была оценена как относительно дискомфортная. Сравнительно низкие оценки получили форвардер Valmet 840.3 и валочно-пакетирующая машина Timberjack 850. За этими машинами следовали получившие гораздо худшие оценки треловочные трактора Timberjack 460D и ТЛТ-100. Эти машины имеют близкие значения интегральной тяжести труда и характеризуются экстремальными рабочими условиями. Условия работы операторов треловочных тракторов ТДТ-55А совершенно не приемлемы по современным требованиям эргономики.

Валочно-пакетирующая машина Timberjack 850 имеет наиболее эргономичные органы управления. В целом, почти все машины получили хорошие оценки по этому показателю, однако машины Valmet и треловочный трактор Timberjack 460D получили более низкие оценки по сравнению с машинами John Deere. Российские гусеничные трактора, особенно ТДТ-55А, продемонстрировали гораздо более низкий уровень этого интегрального показателя.

Машины John Deere для сортиментного метода получили наивысшие оценки по эргономическим показателям, характеризующим рабочее место оператора: вход в кабину, интерьер кабины, сидение оператора и органы управления. Меньшие оценки получили машины Valmet и Timberjack 460D. Похожие оценки по показателям рабочего места получили треловочные трактора ТЛТ-100. Значительно более низкие оценки, даже по сравнению с ТЛТ-100, были у треловочного трактора ТДТ-55А.

Харвестеры, форвардеры и гусеничные трелевочные тракторы показали хорошие результаты по стереотипности и логической сложности рабочих показателей. Для валочно-пакетирующих машин результаты были несколько ниже и еще ниже для колесного трелевочного трактора. В обоих случаях причиной был высокий уровень повторяемости, т.е. работа может быть оценена как достаточно монотонная.

Обзорность была одним из немногих показателей, где российские машины получили хорошие оценки. Трелевочный трактор ТЛТ-100 даже получил наивысший бал. Однако, результаты не были однозначными, так как на обзорность влияет много факторов, таких как: размеры кабины и всей машины, размеры окон, положение глаз оператора по отношению к окнам и т.д. Наименьшие оценки по обзорности получил трелевочный трактор Timberjack 460D из-за очень длинного моторного отсека, ограничивающего видимость в направлении движения.

Харвестеры получили лучшие оценки по уровню шума и вибраций, за ними следовали форвардеры. Трелевочные трактора Timberjack 460D и ТЛТ-100 продемонстрировали плохие результаты по этим показателям, главным образом из-за шумности. Худшую оценку получил трелевочный трактор ТДТ-55А.

Обобщение оценок по эргономическим показателям выявило, что лучшие рабочие условия с точки зрения комфорта и безопасности труда обеспечиваются системой «харвестер+форвардер» для сортиментного метода заготовки древесины. В этой комбинации машины John Deere показали наилучшие результаты, тогда как машины Volvo и Valmet имеют менее высокие показатели эргономики. Система «валочно-пакетирующая машина+трелевочный трактор с захватом» для полностью механизированной заготовки древесины деревьями получила оценки, которые были незначительно ниже оценок системы «харвестер+форвардер». Традиционный российский хлыстовой метод лесозаготовки с применением чокерных трелевочных тракторов получил наихудшие оценки по эргономике, тяжести и безопасности труда. При использовании частично механизированных систем заготовки древесины использование трелевочного трактора ТДТ-55А должно быть ограничено настолько это возможно, так как эта машина не отвечает современным требованиям к эргономике.

Литература

- Вибрационная безопасность. Основные требования (1990) Государственный стандарт, ГОСТ 12.1.012-90.
- ВНИИТЭ, 1983: Эргономика. Принципы и рекомендации: Методологические наставления. Всероссийский научно-исследовательский институт технической эстетики, Москва, 184 с.
- Кабины и рабочие места операторов тракторов, самоходных строительно-дорожных машин, одноосных тягачей, карьерных самосвалов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности (1988) Государственный стандарт, ГОСТ 12.2.120-88.
- Машины и оборудование лесозаготовительные и лесосплавные, тракторы лесопромышленные. Требования безопасности, методы контроля требований безопасности и оценки безопасности труда (1989) Государственный стандарт, ГОСТ 12.2.102-89.
- Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Требования безопасности (2002) Государственный стандарт, ГОСТ R 51863-2002.
- Методы измерения шума на рабочих местах (1986) Государственный стандарт, ГОСТ 12.1.050-86.
- Песков, В. 2004. Основы эргономики и дизайна машин. Технический университет, Нижний Новгород, 223 с.

- Сюнёв В.С., Соколов А.П., Коновалов А.П., Катаров В.К., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., Карвинен С., Вяльккю Э. 2008. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия. НИИ Леса Финляндии. 126 с. Доступно на: <http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1643>.
- Фрумкин, А.А., Зинченко, Т.П., Винокуров, Л.В. 1999. Методы и средства эргономического обеспечения проектирования. Транспортный университет, Санкт-Петербург, 178 с.
- Шум машин. Методы определения шумовых характеристик. Общие требования (2002). ГОСТ 23941-2002.
- Шум. Основные требования к безопасности (1983) Государственный стандарт, ГОСТ 12.1.003-83.
- Frumerie, G. (ed.), 1999: Ergonomic guidelines for forest machines, SkogForsk, Uppsala, 88 с.
- Gerasimov, Y., Sokolov, A. 2009. Ergonomic characterisation of harvesting work in Karelia. Croatian Journal of Forest Engineering 30(2): 159-170
- Gerasimov, Y., Karjalainen, T., 2008: Development program for improving wood procurement in north-west Russia based on SWOT analysis. Baltic Forestry 14(1), с. 85-90.
- Sokolov, A., Syunev, V.S., Gerasimov, Y.Y., 2008: Comparison of skidders and forwarders in working conditions and work safety, Forest and business 1(41), с. 56-61.

3.3 Лесная экосреда

3.3.1 Влияние форвардеров на лесные почво-грунты

Введение

В этой главе представлены результаты исследования (Gerasimov and Katarov 2010), опубликованного ранее на английском языке.

Машинизированные системы сортиментного метода лесозаготовок, базирующиеся на применении однозахватного харвестера и колесного форвардера, стали обычными для России (Gerasimov et al. 2008). Переход от традиционного хлыстового метода и заготовки деревьями к таким системам объясняется многими причинами, включая уменьшение трудоемкости работ, снижение коэффициента тяжести труда, меньшую нагрузку на лесную экосреду и сокращение размеров технологических площадей. Во многих конкретных условиях сортиментный метод не уступает хлыстовому по эффективности затрат. Однако, некоторые преимущества в конкретных условиях еще не были достаточно четко выявлены, главным образом, это касается преимуществ в проходимости и влиянии на экологию.

Механизированный сортиментный метод, применяемый для рубок ухода и сплошных рубок, может нанести вред окружающей среде на лесосеках, так как лесосечные операции осуществляются при любых погодных условиях с применением, в основном, тяжелых машин (Zelege et al. 2007). Глубокое колеобразование при работе машин оказывает прямое влияние на производительность, расход топлива и себестоимость лесозаготовительных операций, а также ведет к нарушению почвенного покрова. Особенно это заметно осенью и весной на лесосеках со слабыми грунтами, где для снижения причиняемого вреда и повышения проходимости колеса машин могут оснащаться гусеницами и устраиваются и хворостяные подушки из лесосечных отходов, уложенных на волокна (Рис. 3.19).

Форвардер, колеса тандемной тележки которого оснащены гусеницами, оказывает в среднем меньшее давление на почву по сравнению с обычным колесным вариантом. Как результат, на слабых грунтах достигается гораздо меньше максимальное сопротивление движению, что повышает скорость и эффективность работы машины. Одновременно, через уменьшение колеобразования и уплотнения почвы, снижается общий вред наносимый лесной экосреде (Batelaan 1998).



Рис. 3.19. Колесные гусеницы и хворостяная подушка.

При обработке стволов, харвестеры могут складывать сучья и вершины деревьев на волока для создания хворостяной подушки, что позволяет избежать колееобразования и снизить негативное воздействие на пористость и капиллярную проводимость почво-грунтов (Eliason and Wästerlund 2007, McMahon and Evanson 1994, Jakobsen and Moore 1981). Снижение уплотнения почво-грунта при применении хворостяной подушки было признано положительным эффектом, хотя статистически значимой разницы не было зарегистрировано (McDonald and Seixas 1997).

Несколько исследований (Bygdén et al. 2003, Šušnjar et al. 2006, Sakai et al. 2008, Syuney et al. 2009) продемонстрировали преимущества от применения хворостяной подушки или использования оснащения гусеницами. Однако, эти преимущества не были однозначно определены для ряда условий. Поэтому целью данного исследования было определить, как применение колесных гусениц и хворостяных подушек влияет на колееобразование и уплотнение легких суглинистых почв и как это воздействие связано с передвижением форвардера и влажностью почвы.

Данные и методы

Первое полевое исследование с применением гусениц на колесах форвардера было проведено поздней весной 2009 года на лесосеке, расположенной рядом с г. Медвежьегорск в Республике Карелия. В опытах применялся форвардер Ponsse ELK. Второе полевое исследование по изучению влияния хворостяной подушки на колееобразование и уплотнение было выполнено в начале осени 2009 года на лесосеке рядом с г. Вышний Волочек в Тверской области с применением форвардера John Deere 1410.

В Таблице 3.13 приводится характеристика опытных лесосек и использованных машин.

На опытных лесосеках почвы были представлены пылеватыми суглинками с относительной влажностью 80%, 88%, и 93%. Форвардеры, оборудованные шинами размерностью 710/45×26,5 и давлением в камерах 350 кПа, двигались по участкам в одном направлении со скоростью около 4 км/ч. За один проход принимался один рейс форвардера с грузом древесины весом 13 тонн.

Шесть линейных опытных участков (30 м × 4 м) были размечены на лесосеках. На каждом участке выделялись следующие точки замеров: след от левых колес, след от правых колес и зоны забора проб для измерений свойств почво-грунтов. Глубина колее была определена как среднее из глубин следов правых и левых колес. Для определения уплотнения почвы слой гумуса удалялся, после чего забирались почвенные образцы с помощью почвоотборника. Образцы почво-грунтов брались в выбранных точках из поверхностного слоя глубиной 0–5 см по центру колесных следов в соответствии со стандартной методологией (ГОСТ 12071–84).

Таблица 3.13. Характеристики опытных лесосек и использованных машин.

Регион	Площадь лесосеки, га	Древесные породы, %	Запас, м ³ /га	Объём ствола, м ³	Форвардер	Вес груза при опытных проходах
Республика Карелия	16,5	Сосна, 30 Ель, 30 Береза и Осина, 40	162	0,215	6-колесный Ponsse ELK Полезная нагрузка: 13 т Шины: передние – 700/55×34, задние – 710/45×26,5, Давление: 350 кПа Дорожный просвет: 0,67 м Гусеницы: 700×26,5	13 т (16 м ³ древесины)
Тверская область	21,2	Ель, 30 Береза, 20 Осина, 50	252	0,314	8-колесный John Deere 1410 Полезная нагрузка: 14 т Шины: передние и задние 710/45×26,5 Давление: 350 кПа Дорожный просвет: 0,605 м Гусеницы: "Olofsfors" 700×26,5	13 т (16 м ³ древесины)

Затем почвенные образцы, помещенные в воздухонепроницаемые бюксы, доставлялись в лабораторию, где проводилось их взвешивание на электронных весах с точностью до 0,01 г. Также определялись гранулометрический состав грунта, число пластичности и насыпная плотность образцов.

На каждом из опытных участков проводилось исследование 1 из 6 вариантов (комбинации движителей форвардеров, контактирующих с поверхностью, типа и относительной влажности почво-грунта W) при числе проходов форвардера от 1 до 10:

- Лесной почво-грунт, обычные колеса с шинами, $W = 93\%$, (KW93)
- Лесной почво-грунт, обычные гусеницы 700×26,5, $W = 93\%$, (KT93)
- Лесной почво-грунт, обычные колеса с шинами, $W = 80\%$, (KW80)
- Лесной почво-грунт, гусеницы, $W = 80\%$, (KT80)
- Хворостяная подушка 15 кг/м², обычные колеса с шинами, $W = 88\%$, (TW88)
- Хворостяная подушка 15 кг/м², комбинированные колесные гусеницы 700×26,5, $W = 88\%$, (TT88).

Количество тестовых проходов форвардера было ограничено 10, так как предыдущее исследование показало, что наиболее сильное уплотнение почво-грунта происходит при первых нескольких проходах (Syunev et al. 2009).

Для каждого из представленных выше вариантов проводилось 20 замеров глубины колеи и отбирались 44 почвенных образца. Выбор количества образцов (4), забираемых после прохода форвардера для каждого варианта, был сделан на основе предыдущего полевого исследования и расчетов (Редькин 1988).

Лесосечные отходы укладывались на волок харвестером при выполнении сплошной рубки в смешанном древостое в Тверской области (Таблица 3.13). Вдоль волоков было размечено 10 линейных опытных участков (1–1,5 м). На каждом из участков, лесосечные отходы были собраны и взвешены на пружинных весах с точностью до 0,1 кг. Вес крупных отходов (тяжелее 10 кг) рассчитывался на основе диаметра, длины и плотности древесины конкретной породы. Плотность хворостяной подушки в этих условиях была около 15 кг/м², а ее толщина находилась в пределах 15–20 см, что сопоставимо со значениями, полученными в других исследованиях (например, Галактионов и др. 2009). Было отмечено значительное разнообразие отходов по размерам, 18% от всех отходов приходилось на крупные обрезки (диаметром более 10 см), 15% приходилось на вершины деревьев.

Уплотнение почвы было проанализировано на основе изучения изменений плотности почво-грунта, вызванных движением форвардера. Для определения плотности почво-грунта

с помощью почвоотборника были отобраны цилиндрические образцы диаметром 4 см и высотой 4 см. Масса образцов, высушенных в течение 12 часов при 105 °С, использовалась для определения плотности почво-грунта через отношение веса к объему и расчета влажности.

Для определения плотности почвы было отобрано 4 почвенных образца для каждого из 11 значений глубины почвенного профиля (0–5 см), что составило 44 образца с каждого опытного участка. Такой же подход использовался в предварительном эксперименте для забора контрольных образцов (в общем 20 образцов с участка) перед первым проходом форвардера. Вместе с изменением физических свойств почво-грунта была проанализирована повреждаемость почво-грунта путем замеров глубины колеи в центре каждого опытного участка. Все образцы были взяты после проходов форвардера, образцы неповрежденной почвы брались из центра межколесного пространства колеи.

Определение типов почво-грунтов проводилось в соответствии с российским стандартом классификации грунтов (ГОСТ 25100-95) на основе числа пластичности и относительных соотношений различных почвенных фракций, включенных в классы почвенных структур. Название класса почво-грунта было адаптировано к терминологии Министерства сельского хозяйства США, используя Словарь терминов почвенных наук (1976).

Обработка собранных данных проводилась с использованием статистического и регрессионного анализа с применением SPSS 15.0 для Windows.

Результаты

Эффект от оснащения колес форвардера гусеницами

Средняя относительная влажность почвы была 93% на мокрых участках и 80% на влажных участках без хворостяной подушки.

В варианте «колеса на мокрых почвах (KW93)» начальная плотность почво-грунта была 1,06 г/см³. В ходе первых 5 проходов форвардера плотность почво-грунта незначительно увеличилась до 1,15–1,17 г/см³. После 6 и 7 прохода плотность почво-грунта снизилась до 1,11 г/см³, затем выросла опять и стабилизировалась после 9 и 10 прохода на значении 1,14 г/см³. Глубина колеи быстро увеличивалась, особенно в ходе первых 5 проходов, и достигла 0,71 м. Глубина колеи превысила дорожный просвет форвардера (0,67 м) после 9 прохода.

В варианте «гусеницы на мокрых почвах (KT93)» начальная плотность почво-грунта было 1,03 г/см³. После 6 проходов плотность почво-грунта увеличилась до 1,17 г/см³ и стабилизировалась между 7 и 10 проходом на значении 1,13 г/см³. Глубина колеи постепенно увеличивалась до 0,48 м, особенно резко в ходе первых 3 проходов. Дорожный просвет форвардера не был превышен.

В варианте «колеса на влажной почве (KW80)» начальная плотность почво-грунта была 1,06 г/см³. В ходе первых 4 проходов плотность почво-грунта увеличилась до 1,33 г/см³. С 5 по 7 проход плотность почво-грунта составляла 1,29 г/см³, затем между 8 и 10 проходом ее значение снизилось и стабилизировалось на уровне 1,24 г/см³. Глубина колеи быстро увеличивалась до 0,40 м, особенно в ходе первых 7 проходов. Дорожный просвет форвардера не был превышен.

В варианте «гусеницы на влажных почвах (KT80)» начальная плотность почво-грунта была 1,05 г/см³. В ходе первых 6 проходов плотность почво-грунта увеличилась до 1,33 г/см³. С 7 до 10 прохода плотность почво-грунта снижалась и стабилизировалась на уровне 1,30 г/см³. Глубина колеи постепенно увеличивалась до 0,22 м. Дорожный просвет харвестера не был превышен.

Эффект от применения хворостяной подушки

Относительная влажность почвы в ходе исследования была 88%, плотность хворостяной подушки составляла 15 кг/м². Начальная плотность почво-грунта была 1,06 г/см³.

В варианте «обычные колеса (ТW88)» плотность почво-грунта в ходе первых 5 проходов слегка увеличилась до 1,10 г/см³. После 6 и до 10 прохода плотность почвы стабилизировалась на уровне 1,11 г/см³. Колея была незначительна (глубина меньше 0,05 м).

В варианте «гусеницы (ТТ88)» плотность почво-грунта после первого прохода увеличилась до 1,08 г/см³, затем ее значение стабилизировалось на уровне 1,10–1,11 г/см³. Колея не была отмечена (глубина меньше 0,05 м).

Кривые плотности почво-грунта и глубины колеи были получены с использованием кубической регрессионной модели со значением коэффициента детерминации равным 0,99 для глубины колеи и 0,80–0,99 для плотности почво-грунта:

$$D=b_0+b_1\cdot v+b_2\cdot v^2+b_3\cdot v^3$$

где:

D – глубина колеи (м) или плотность почво-грунта (г/см³),

v – совокупный объем вытрелеванной древесины (м³),

b_0, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты уравнения.

В Таблице 3.14 приведены коэффициенты кубической модели, переменные, зависящие от условий (влажность, гусеницы, хворостяная подушка).

Классификация почво-грунтов

В Таблице 3.15 приводятся результаты по классификации почво-грунтов.

Разница между начальной и общей массой образцов не превысила 0,05 г (меньше 0,05%). Относительное соотношение различных почвенных фракций в изученных почво-грунтах соответствует пылеватым суглинкам.

Таблица 3.14. Коэффициенты кубической модели как переменные, зависящие от условий.

Вариант	Плотность				Глубина колеи			
	b0	b1	b2	b3	b0	b1	b2	b3
KW93	1,054	0,004	-5,53E-05	2,02E-07	0,052	0,007	-3,22E-05	7,45E-08
KT93	1,023	0,004	-3,49E-05	8,30E-08	0,020	0,005	-2,457E-05	8,16E-08
KW80	1,046	0,008	-8,20E-05	2,44E-07	0,033	0,003	-2,96E-06	3,088E-08
KT80	1,038	0,005	-2,80E-05	3,65E-08	0,012	0,003	-2,01E-05	7,07E-08
TW88	1,060	0,001	-7,97E-07	-3,32E-09				
TT88	1,064	0,001	-6,15E-06	2,28E-08				

Таблица 3.15. Распределение образцов по размеру почвенных частиц.

	Начальное значение	Содержание почвенных фракций, %					
		Варианты					
		KW93	KT93	KW93	KT93	TW88	TT88
Песчаные частицы	27	31	32	35	35	30	29
Пылеватые частицы	55	53	51	50	50	52	53
Глинистые частицы	18	16	17	15	15	18	18
Число пластичности	11,0	10,3	10,6	9,7	9,5	11,1	11,2
Тип грунта		Пылеватый суглинок					

Обсуждение и заключение

В рамках поставленного опыта сортиментный метод отвечает экологическим требованиям, предъявляемым к уплотнению почвы для этого типа почвы ($1,4 \text{ г/см}^3$). Однако, увеличение плотности в поверхностном слое (глубиной 0–5 см) пылеватого суглинка было отмечено во всех рассмотренных вариантах. Величина уплотнения зависела от числа проходов, наличия хворостяной подушки, использования гусениц и влажности почвы.

В сравнении с вариантами, где использовался форвардер, не оборудованный гусеницами и не было хворостяной подушки, в случае применения гусениц уплотнение влажных и мокрых почво-грунтов происходило более равномерно. Корни, присутствующие в лесной почве помогают формированию зоны уплотнения под звеном гусеницы, которое происходит в ходе первых проходов. С увеличением числа проходов зона уплотнения углубляется и частично обрушивается с боковым выпиранием почво-грунта. Затем происходило небольшое увеличение плотности, что связано с формированием вторичных зон уплотнения. Результаты применения хворостяной подушки показали, что слой лесосечных отходов снижает влияние от первого и последующих проходов форвардера. Плотность почво-грунта при этом не изменялась значительно. Увеличение плотности почво-грунта составило около 10% по сравнению с плотностью почво-грунта, покрытого слоем лесосечных отходов. Также в рамках проведенного исследования было отмечено, что эффект от устройства хворостяной подушки практически одинаков как для колесного, так и для гибридного движителя. В отношении колеобразования сортиментный метод не отвечает экологическим требованиям для рубок прореживания (глубина колеи должна быть меньше 0,15 м). Кроме того, на мокрых почвах глубина колеи достигла величины дорожного просвета форвардера (0,67 м). Результаты применения гусениц показали, что глубина колеи не отвечает экологическим требованиям для рубок прореживания (0,15 м), особенно на мокрых почвах, однако ее значение оставалось меньше величины дорожного просвета форвардера. При использовании хворостяной подушки глубина колеи изменялась не значительно.

Все системы лесозаготовки (хлыстовой, деревьями и сортиментный методы), применяемые в России, оказывают различное негативное воздействие на лесную экосреду. При использовании на песчаных или супесчаных грунтах все системы оказывают почти одинаковые эффекты на почву (Syunev et al. 2009). Однако, доля песчаных и супесчаных почво-грунтов в российских лесах мала по сравнению с суглинками и глинами. На таких почвах системы для заготовки древесины хлыстами и деревьями, в отличие от систем сортиментной заготовки, вызывают значительное уплотнение почвы, но почти не формируют колеи. Более 50% лесосек в России располагаются на мокрых и слабых почвах (Ananyev et al. 2005). Поэтому практика применения систем сортиментной заготовки должна быть улучшена, чтобы уменьшить глубину колеи на наиболее распространенных почвах. Таким образом, колеса форвардеров, гусеницы и толщина хворостяной подушки должны адаптироваться к условиям конкретных лесосек и характеристики местности. Такая адаптация требует дальнейших исследований эффекта от применения колес, гусениц и укрепления из лесосечных отходов, а также изучения давления на почво-грунт и физических характеристик хворостяной подушки, которые подвергаются воздействию при деформации почвы, что, в свою очередь, негативно влияет на проходимость систем машин для сортиментной заготовки и наносит вред лесной экосреде.

Литература

- Ананьев В., Асикайнен А., Вяльккю Э., Герасимов Ю., Демин К., Сиканен Л., Сюнёв В., Тюкина О., Хлюстов В., Ширнин Ю. 2005. Промежуточное пользование лесом на Северо-Западе России. НИИ леса Финляндии. 150 с. Доступно на:
<http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1439>.
- Галактионов, О., Кузнецов, А., Пискунов, М., 2009: Характеристики настила из лесосечных отходов и состояние грунта на трелевочном волокне. Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 7 (101). Петрозаводск: ПетрГУ, 2009. С. 90-95.
- Герасимов Ю.Ю и Сюнёв В.С. 1998. Экологическая оптимизация технологических машин для лесозаготовок. Университета Йоэнсуу. 178 с.
- ГОСТ 12071-84, 1984: Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. Государственный Стандарт, Москва.
- ГОСТ 25100-95, 1995: Грунты. Классификация. Государственный Стандарт, Москва.
- Редькин, А. К., 1988: Основы моделирования и оптимизации лесозаготовок. Москва. Лесная промышленность: 256 с.
- Сюнёв В.С., Соколов А.П., Коновалов А.П., Катаров В.К., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., Карвинен С., Вяльккю Э. 2008. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия. НИИ Леса Финляндии. 126 с. Доступно на:
<http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1643>.
- Batelaan, J., 1998: Development of an all terrain vehicle suspension with an efficient, oval track. *Journal of Terramechanics* 35(4): 209–223.
- Bygdén, G., Eliasson, L., Wästerlund, I., 2003: Rut depth, soil compaction and rolling resistance when using bogie tracks. *Journal of Terramechanics* 40(3): 179–190.
- Eliasson, L., Wästerlund, I., 2007: Effects of slash reinforcement of strip roads on rutting and soil compaction on a moist fine-grained soil. *Forest Ecology and Management* 252(1–3): 118–123.
- Gerasimov, Y. and Katarov, V. 2010. Effect of Bogie Track and Slash Reinforcement on Sinkage and Soil Compaction in Soft Terrains. *Croatina Journal of Forest Engineering* 31(1): 35-45
- Gerasimov, Y. and Sokolov, A. 2009. Ergonomic characterisation of harvesting work in Karelia. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30 (2): 159-170
- Gerasimov, Y., Sokolov, A., Karjalainen, T., 2008: GIS-based decision-support program for planning and analyzing short-wood transport in Russia. *Croatian Journal of Forest Engineering* 29(2): 163–175.
- Glossary of Terms in Soil Science. 1976. Canada Department of Agriculture, Research Branch, Ottawa, Publication 1459: 44 с.
- Jakobsen, B. F., Moore, G. A., 1981: Effects of two types of skidders and of a slash cover on soil compaction by logging of mountain ash. *Australian Journal of Forest Research* 11: 247–255.
- McDonald, T. P., Seixas, F., 1997: Effect of slash on forwarder soil compaction. *International Journal of Forest Engineering* 8(2): 15–26.
- McMahon, S., Evanson, T., 1994: The effect of slash cover in reducing soil compaction resulting from vehicle passage. *LIRO Report* 19(1): 1–8.
- Sakai, H., Nordfjell, T., Suadicani, K., Talbot B., Bøllehuus, E., 2008: Soil compaction on forest soils from different kinds of tires and tracks and possibility of accurate estimate. *Croatian Journal of Forest Engineering* 29(1): 15–27.
- Šušnjar, M., Horvat, D., Šešelj, J., 2006: Soil compaction in timber skidding in winter conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering* 27(1): 3–15.
- Zeleke, G., Owende, P. M. O., Kanali, C. L., Ward, S. M., 2007: Predicting the pressure–sinkage characteristics of two forest sites in Ireland using in situ soil mechanical properties. *Biosystems Engineering* 97(2): 267–281.

3.3.2 Влияние сбора лесосечных отходов на лесную экосистему

Ведение лесозаготовок приводит к изъятию древесной биомассы с лесосек, что нарушает ход естественного функционирования лесного участка. Это может привести к снижению продуктивности, нежелательной смене пород, утрате биоразнообразия флоры и фауны и др. (Kuusinen and Pivesniemi 2008). Поэтому, при планировании использования лесосечных отходов, следует иметь в виду, что их изъятие оказывает различное влияние на компоненты лесной экосистемы (Сюнёв и др. 2008). Снижение отрицательного воздействия на лесные участки может быть достигнуто путем оставления на лесосеках части лесосечных отходов.

Влияние на плодородие почв

Удаление с делянки лесосечных отходов уменьшает естественное поступление органических веществ в почву, влияя тем самым на ее плодородие. На территории бореальных лесов встречаются участки с кислыми почвами, со слабовыраженным гумусным слоем, торфяники с низким содержанием калия и бора. Для этих территорий следует ограничить биоэнергетическое использование лесосечных отходов с целью предотвращения дисбаланса минеральных и питательных веществ (Kallio and Leinonen 2005).

Влияние на структуру почвы

Лесосечные отходы образуют естественное объемное покрытие, препятствующее активному поверхностному стоку дождевых и талых вод. В качестве участков, наиболее сильно подверженных водной эрозии, следует рассматривать крутые склоны с неразвитым дерновым покровом и волокнистые с наличием колеи.

Изъятие значительной доли лесосечных отходов на энергетические нужды снижает возможности укрепления волоков. В условиях повышенной влажности глинистых грунтов это может привести к значительному колееобразованию и уплотнению грунтов. Уплотнение почвы приводит к уменьшению пор и схлопыванию поровых каналов, что затрудняет циркуляцию почвенного воздуха, понижая содержание в нем кислорода. Для активного роста кончиков корней концентрация кислорода должна достигать 5–10%, при концентрации кислорода менее 1% корни заметно теряют в весе. Если почва не уплотнена, то корневые ходы, трещины и другие внутрипочвенные полостные образования способствуют усиленному развитию корней и обеспечивают их прирост. Уплотнение почвы также ведет к резкому снижению скорости фильтрации воды, оказывающей значительное влияние на жизнь растений. Причем, чем тяжелее механический состав почвы, тем последствия падения скорости фильтрации ощутимее. Таким образом, уплотнение почвы в зоне колеи затрудняет процесс проникновения влаги в глубинные слои, способствует застою воды в углублениях или усиленному поверхностному стоку на склонах. В последнем случае возникает опасность водной эрозии. Избыток влаги нарушает деятельность почвенных микроорганизмов, играющих важную роль в обеспечении корней растений доступными элементами питания (Герасимов и Сюнёв 1998).

Колееобразовательные процессы способствуют разрушению большей части корневой системы, попадающей на волок, могут служить накопителем излишней влаги, а также способствуют водной эрозии, затрудняют лесовосстановление. При повреждении корневых шеек возрастает вероятность поражения их корневой губкой и другими гнилями, в результате снижается продуктивность и ветровая стойкость дерева. В то же время, если грунт в колее не имеет значительного уплотнения, с учетом тенденций постепенного обрушения грунтовых стенок колеи («затягивание колеи»), приколейная зона и часто, сама колея являются местом довольно успешного возобновления древостоев. Как показали предыдущие

исследования и опрос специалистов-производственников (Катаров 2009), на увлажненных грунтах вероятность реализации данного сценария высока. В то же время при проведении рубок промежуточного пользования развитие колеи сопровождается травмированием и разрывом корней остающихся на доращивание деревьев.

Влияние на пожарную безопасность

Способы размещения и использования лесосечных отходов должны минимизировать риск возникновения и/или распространения огня. В летний период влажность оставленного на лесосеке древесного материала снижается, что негативно сказывается на пожарной безопасности. Наличие покрова из лесосечных отходов может значительно увеличить скорость продвижения пожара по лесосеке.

Выводы и рекомендации по использованию лесосечных отходов

- Создание буфера из лесосечных отходов между движителями лесных машин и грунтовой поверхностью лесосек уменьшает экологический вред, наносимый почво-грунтам при транспортировке древесины, уменьшается повреждаемость корней при выборочных рубках, при перегнивании порубочных остатков разуплотняется почва на волоке, ускоряются биологические процессы функционирования корневых систем;
- Высокая концентрация питательных веществ наблюдается в хвое и листе, поэтому оставление на лесосеках мелкой фракции лесосечных отходов способствует восполнению питательных веществ в почве;
- Лесосечные отходы, оставшиеся на лесосеке для энергетических целей, желательно выдержать и подсушить, что способствует повышению энергетического потенциала и уменьшению веса лесосечных отходов, что снизит нагрузку на почвы при их трелевке. Полезные вещества хвои и листы при этом останутся на лесосеке;
- Для предотвращения эрозии почв на склонах, как правило, устраиваются поперечные валы из лесосечных отходов, при технологической возможности они могут совмещаться с волоками;
- Для древостоев, произрастающих на песчаных грунтах (сосняки лишайниковые, сосняки брусничные и т.п.) (Рождественский и Тишлер 2009), рекомендуется оставлять на лесосеке около 30% лесосечных отходов. Это позволит обеспечить поддержку плодородия, предохранит грунты на волоке от уплотнения. При движении форвардеров по незначительному слою отходов происходит смешение грунта с отходами лесозаготовок, минерализуются верхние слои, но при этом поверхность волока не подвергается эрозии. Преимущественно на лесосеке должны оставаться мелкие ветви с хвоей;
- В условиях распространения супесчаных грунтов (сосняки кисличные и т.п.) на свежих и влажных грунтах рекомендуется 20–40% лесосечных отходов оставлять на волоке и в пасаках (50/50) с целью предотвращения уплотнения грунтов и поддержания плодородия. На мокрых супесчаных почвах следует не менее половины лесосечных отходов направить на укрепление волоков;
- Суглинистые почвы достаточно богаты питательными веществами, но подвержены уплотнению и деформации. В условиях распространения суглинистых грунтов (ельники кисличные, ельники черничные, смешанные древостои) на свежих почвах рекомендуется устраивать сплошной слой из лесосечных отходов на волоках, преимущественно из сучьев и ветвей. Как правило, достаточно около 20–40% от общего их количества. На влажных почвах также требуется повсеместное укрепление волока не менее, чем 60–70% лесосечных отходов. На мокрых участках весь объем лесосечных отходов следует использовать на укрепление волока, причем в пониженных местах следует устраивать прокладки из немерных отрезков;

- На глинистых грунтах (ельники черничные и т.п.) количество отходов, идущее на укрепление волоков, следует увеличить на 10–20%, против случая преобладания суглинков;
- В условиях заторфованных грунтов (сфагновые и приручейные типы леса) 100% лесосечных отходов необходимо использовать на укрепление волока. Причем для снижения колееобразования зачастую может быть использована и часть дровяной древесины. Следует отметить, что данные территории, как правило, имеют ценные с точки зрения сохранения биоразнообразия биотопы. Это снижает привлекательность разработки таких лесосек, как по экологическим, так и по экономическим показателям;
- При работе на всех типах грунта, кроме песчаных, в конце мая – начале июня и в сентябре-октябре следует основную массу лесосечных отходов направить на укрепление волоков;
- Двустадийное использование лесосечных отходов, первоначально как укрепительного материала на волоках, а затем как энергетического сырья, является оптимальным, но зачастую проблемным вариантом, ввиду измельчения, загрязнения и смешивания большей части древесных остатков с почво-грунтом в процессе трелевки;
- Положительный эффект достигается при укреплении волока и оснащении гусеницами колес тандемных тележек. В этом случае площадь опорной поверхности колес форвардера увеличивается, и не происходит значительного разрушения слоя лесосечных отходов (Герасимов и Катаров 2010). При использовании гусениц на тандемах доля лесосечных отходов, идущих на укрепление волока, может быть снижена на 10–15%.

Литература

- Герасимов Ю.Ю и Сюнёв В.С. 1998. Экологическая оптимизация технологических машин для лесозаготовок. Университета Йёнсуу. 178 с.
- Древесное топливо – альтернатива традиционным источникам энергии // Научно-техническая информация в лесном хозяйстве. – Минск: Белгипролес, 2008. – Вып. 5. – 60 с.
- Рождественский С.Ю., Тишлер О.А. Ландшафтный подход при лесохозяйственном планировании: учебный материал для специалистов лесного хозяйства. – СПб., 2009. – 72 с.
- Сюнёв В.С., Соколов А.П., Коновалов А.П., Катаров В.К., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., Карвинен С., Вяльккю Э. 2008. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия. НИИ Леса Финляндии. 126 с. Доступно на: <http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1643>.
- Gerasimov Y. and Katarov V. 2010. Effect of bogie track and slash reinforcement on sinkage and soil compaction in soft terrains. *Croatian Journal of Forest Engineering* 31: 35–45 p.
- Kallio, M. and Leinonen, A. 2005. Production technology of forest chips in Finland. Project report. VTT. 97 p.
- Kuusinen, M., Pivesniemi, H. (toim.) 2008. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisu. 74 p. Доступно на: http://www.metsavastaa.net/files/metsavastaa/Energiaseminaari%2020112007/Energiapuun_korjuun_ymparistovaikutukset.pdf.

3.4 Качество и потери древесины

3.4.1 Потери деловой древесины, обусловленные применяемыми в России лесозаготовительными системами

Введение

В этой главе представлены результаты исследования (Gerasimov and Seliverstov 2010), опубликованного ранее на английском языке.

Использование механизированных систем машин (ПМ) для заготовки древесины увеличивается по всему миру. Интенсификация применения механизированных систем привела к проблемам повреждения древесины. Лесоматериалы могут повреждаться в процессе валки, обрезки сучьев, раскряжевки, трелевки или вывозки форвардерами, складирования, погрузки и транспортировки.

В соответствии с результатами, полученными Marshall et al. (2006), в среднем при механизированной заготовке теряется 18% потенциальной стоимости против 11% при механизированной (ЧМ) валке. Однако, как было показано (Connell 2003, Spinelli et al. 2010), в некоторых механизированных лесозаготовительных операциях повреждаемость круглых лесоматериалов была снижена в результате механизации обработки. Помимо всего прочего, была отмечена (Wang et al. 2004) повреждаемость при заготовке древесины хлыстами и деревьями.

В приведенных выше работах исследовались механизированные системы для хлыстового метода (ХМ) с применением бензомоторных пил и трелевочных тракторов и системы для заготовки деревьями (ЗД) с помощью валочно-пакетирующих машин и трелевочных тракторов. Потери качества по объему составили 6,1% и 1,1%, а потери стоимости были 6,0 и 1,5 долларов США на м³ для ЧМ ХМ и ПМ ЗД соответственно. Большая часть потерь качества приходилось на операцию валки при использовании ЧМ ХМ.

В странах северной Европы для лесозаготовительных операций, выполняемых, в основном, по механизированному сортиментному методу (СМ), величина потерь составляет 4–5% от стоимости заготавливаемой древесины (Murphy 2005). Однако, лесозаготовительные операции во многих странах, таких как Россия, проводятся с использованием нескольких различных лесозаготовительных систем, включая ЧМ ЗД, ПМ ЗД, ЧМ СМ, ПМ СМ и ЧМ ХМ, в которых потери достигают 11–18% от стоимости заготавливаемой древесины (Marshall et al. 2006). Очевидно, что при сравнении разных заготовительных систем влияние качества на стоимость древесины не может игнорироваться. Это предопределено необходимостью сравнения качества древесины со спецификациями по качеству, указанными в контрактах, заключенных с потребителями древесины, а также с другими требованиями к качеству. Для того, чтобы оставаться конкурентоспособными, лесозаготовительные компании должны минимизировать потери древесины во время заготовки, например, используя более совершенную лесозаготовительную технологию. Главной целью этого исследования было выявить основные причины повреждения древесины, вызываемые применяемыми в России лесозаготовительными системами, с тем, чтобы уменьшить потери качества.

Данные и методы

В качестве опытного региона была выбрана Республика Карелия, так как ее территория является хорошим примером применения широкого набора лесозаготовительных методов, систем и оборудования. Кроме того, почти все лесозаготовительные технологии применяются в условиях, типичных для Северо-Запада России.

Исследование было проведено в 2007–2009 годах и охватило 15 лесозаготовительных компаний, которые производили около 35% от всего объема заготовленных круглых лесоматериалов в Карелии (2,2 миллиона м³/год). Выбранные компании вели рубку леса по всей территории Карелии, применяя в различных условиях ЧМ СМ, ПМ СМ, ЧМ ЗД, ПМ ЗД и ЧМ ХМ с использованием как российской, так и иностранной техники (Gerasimov & Sokolov 2009).

Участки леса, отведенные под заготовку, ранее не подвергались рубкам ухода. Лесосеки были представлены разновозрастными смешанными древостоями. Породный состав включал ель (31% в среднем), сосну (35%), березу (28%) и осину (6%). Средний объем ствола на лесосеках был от 0,13 до 0,64 м³ (среднее значение 0,29 м³). Средний запас насаждения был 150 м³/га, количество деревьев 520 шт./га. Типичные почвы включали пылеватые суглинки, суглинки и супеси. Лесосеки располагались в равнинной местности.

В соответствии с выбранной методологией необходимо было исследовать 300 сортиментов для каждой породы и каждого типа сортиментов отдельно для зимнего и летнего лесосечных сезонов. Всего было осмотрено 23 400 сортиментов на 17 лесосеках, включая 7 зимних и 10 летних лесосек.

Оценка повреждений древесины делалась на основе нескольких показателей, которые определялись соответствующими национальными стандартами и требованиями к качеству из контрактов, заключенных с потребителями древесины:

- Механические повреждения, появляющиеся при трелевке, сортировке, складировании и транспортировке древесины, включая вырыв, заDIR, обдир коры, запил (повреждения от бензопилы, троса пачкового захвата трелевочного трактора, грейферного захвата форвардера и другими инструментами и механизмами).
- Дефекты обработки, включая сучья (не полностью срезанные сучья) и дефекты, вызванные механическими повреждениями при неправильной валке дерева и последующей раскряжевке его на сортименты, а именно: сколы, отщепы, трещины, козырьки и скосы пропила.
- Загрязнение почвой.
- Отклонения размеров сортиментов, включая припуски по длине, а также допустимые максимальный диаметр в комлевом торце и минимальное значение диаметра в верхнем торце сортиментов.

Для определения процента бракованных сортиментов полученные результаты были сравнены с действующими в данной лесозаготовительной компании требованиями к качеству заготавливаемых сортиментов. Полученные оценки всех замеренных параметров были объединены в один показатель, так называемый процент брака.

Требования к качеству различных древесных пород, сортов и назначения (пиловочник, баланс и т.д.) были взяты из технических требований (спецификаций), внесенных в контракт между лесозаготовительной компанией и покупателем древесины.

В Таблицах 3.16 и 3.17 приводятся требования к качеству осмотренных сортиментов различных пород и назначения.

Система денежной оценки сортиментов основывалась на рыночных ценах на деловую древесину, полученных из отчетов по рынку лесоматериалов Карелии (ПРК 2010). Денежная стоимость деловой древесины была установлена исходя из породы, типа сортиментов и условий поставки.

Результаты

В Таблице 3.18 представлено распределение брака по заготовленным сортиментам с 17 исследованных лесосек. Результаты включают зимние и летние данные, а также все лесозаготовительные системы. Обычно сортименты, не прошедшие контроль качества, имели

Таблица 3.16. Требования к качеству измеренных пиловочников и фанерного кряжа для внутреннего и экспортного рынков.

Вид брака	Пиловочник				Березовый фанерный кряж
	Сосна		Ель		Экспорт
	Экспорт	Внутренний	Экспорт	Внутренний	
1. Механические повреждения	ТУ 13-2-12-96 Не допускается	ГОСТ 9463-88	ТУ 13-2-12-96 Не допускается	ГОСТ 9463-88	ТУ 13-2-8-96
2. Дефекты обработки					
Сучья	ТУ 13-2-12-96 l < 10/20 мм d < 50/60 мм	ГОСТ 9463-88	ТУ 13-2-12-96 l < 10 мм d < 50 мм	ГОСТ 9463-88	ТУ 13-2-8-96
Скол, отщеп, трещина	Не допускается	ГОСТ 9463-88	Не допускается	ГОСТ 9463-88	ТУ 13-2-8-96
Козырек	Не допускается	Не допускается	Не допускается	Не допускается	Не допускается
Скос пропила	Не допускается	ГОСТ 9463-88	Не допускается	ГОСТ 9463-88	ТУ 13-2-8-96
3. Загрязнение почвой	Не допускается	Не допускается	Не допускается	Не допускается	Не допускается
4. Несоответствие размерам					
Длина, м (припуск, см)	4,9; 5,5 (0 / +6) 4,0 (0 / +6) 4,3; 4,6; 6,1 (+5 / +8)	5,0; 5,5; 6,0; 6,1 (0 / +10) 6,1; 4,0; 3,1 (+3 / +5) добавочный 4,0; 4,3 (+3 / +10)	5,5 (+3 / +6) 5,5 (0 / +6) 4,05 (0 / +6)	5,0; 5,5; 6,0; 6,1 (0 / +10) добавочный 4,0; 4,3; 5,2 (+3 / +10)	3,3; 6,0 (0 / +10) 4,4; 5,0 (0 / +5) 3,3 (0 / +5)
Максимальный диаметр комлевого торца без коры, см	55,0* 34,0	75 42,0*	55,0* 40,0* 14,9	75 52,0* 36,0 56,0	65,0* 55,0* 50,0*
Минимальный диаметр верхнего торца без коры, см	18,0* 15,0 15,0*	16,0 14,0 11,0	18,0* 17,0* 16,0* 12,0	16,0 14,0	25* 18,0*

 - Требования к качеству, заявленные в контрактах

* - Диаметр с корой

l – Максимальная допустимая длина сучьев

d – диаметр сучьев

1 или 2 типа повреждений. В последнем случае древесина не принималась по нескольким причинам.

Наивысший процент брака был отмечен для ЧМ ХМ как для пиловочника (7% и 9–10% от исследованных сортиментов зимней и летней заготовки соответственно), так и для баланса (3% зимой и 7–8% летом). Пиловочники повреждались меньше всего при заготовках по ПМ СМ (3%).

Для баланса наименьший процент брака (2%) был отмечен при заготовках ЧМ СМ (Таблица 3.18).

Исследование качества древесины заготовленной с применением ЧМ СМ показало, что наиболее часто встречаемыми дефектами обработки (Таблица 3.19 и 3.21) были трещины, отщепы и сколы (до 3% обследованных сортиментов), запылы от бензопил и грейферного захвата форвардеров (до 2%). Общий процент брака для хвойных пиловочников достигал 4% зимой и 3% летом и около 1% для баланса не зависимо от сезона (Таблица 3.18).

Для ПМ СМ в зимний и летний сезоны типичными дефектами (Таблицы 3.19 и 3.21) были: сучья (2% обследованных сортиментов), трещины, отщепы и сколы, появляющиеся в ходе валки и раскряжевки (2%), а также механические повреждения поверхности сортиментов – вырывы и задиры (2%). Причиной последних повреждений являются сучкорезные

Таблица 3.17. Требования к качеству измеренного баланса для внутреннего и экспортного рынков.

Вид брака	Сосна		Ель		Береза Экспорт
	Экспорт	Внутренний	Экспорт	Внутренний	
1. Дефекты обработки	ГОСТ 9463-88; ТУ 13-2-10-96	ГОСТ 9463-88	ГОСТ 9463-88; ТУ 13-2-10-96	ГОСТ 9463-88; ТУ 13-2-10-96	ТУ 13-2-1-95; ТУ 13-2-10-96; ТУ 13-2-11-96. / <20 мм
2. Загрязнение почвой	Не допускается	Не допускается	Не допускается	Не допускается	Не допускается
3. Несоответствие размерам					
Длина, м (припуск см)	3,0; 4,0; 6,0 (0 / +10)	3,0–6,0 (–20 / +20)	3,0; 4,8, 6,0 (0 / +10)	2,4; 3,6; 4,8; 6,0 (–5/+15); 4,0; 5,5 (–5/+15); 1,2 (–2 / + 2); 2,4 (–2 / + 2); 3,6 и 4,8 (–15 / 15); 4,0 и 5,5 (–10 / +10); 2,4 и 3,6 (+3 / +5)	4,0; 5,5 (0 / +10); 3,0; 4,0; 6,0 (–10 / +10)
Максимальный диаметр комлевого торца без коры, см	60,0	40,0	40,0	60,0; 50,0; 36,0	60,0
Минимальный диаметр верхнего торца без коры, см	8,0; 6,0	6,0	8,0*	16,0; 6,0	16,0; 6,0

- Требования к качеству, заявленные в контрактах

* - Диаметр с корой

/ – Максимальная допустимая длина сучьев

Сортимент принимается, если его параметры соответствуют требованиям к качеству и размерам. В случае несоответствия вышеназванным требованиям, сортимент не принимается или переводится в другой сорт соответственно его качеству: пиловочки в баланс, баланс в дрова.

Повреждения древесины были проанализированы с точки зрения потерь стоимости. На уровне лесозаготовительной компании и лесосечной системы потери стоимости древесины были оценены в соответствии со следующей формулой:

$$L = R_{psl} \times P_{psl}(C_{psl} - C_{ppw} - C') + R_{ssl} \times P_{ssl} \times (C_{ssl} - C_{spw} - C') + \\ + R_{bsl} \times P_{bsl} \times (C_{bsl} - C_{bpw} - C') + R_{ppw} \times P_{psl} \times (C_{ppw} - C_{pfw} - C') + \\ + R_{spw} \times P_{spw} \times (C_{spw} - C_{sfw} - C') + R_{bpw} \times P_{bpw} \times (C_{bpw} - C_{bfw} - C')$$

Где:

L – потери стоимости из-за повреждений древесины в ходе заготовки, €/м³

R – средний процент брака для сортимента

P – доля типа сортиментов в общем объеме деловой древесины, заготовленной в компании

C – средняя цена сортимента по EXW (франко завод) у дороги или на нижнем складе, €/м³

C' – дополнительные затраты на погрузку, разгрузку и транспортировку не принятой древесины, €/м³

psl, ssl, bsl – индексы для соснового, елового и березового пиловочника

ppw, spw, bpw – индексы для сосновых, еловых и березовых балансов

fw – индекс для дров

Таблица 3.18. Процент брака древесины (% от исследованных сортиментов) по исследованным лесосекам, заготовительным системам и сезонам.

Система	Сосновый пиловочник		Еловый пиловочник		Сосновые балансы		Еловые балансы		Березовый фанерный кряж		Березовые балансы	
	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето
ЧМ СМ	4,0	3,7	4,3	3,0	1,0	1,3	1,0	1,3	2,7	3,0	1,7	1,3
ПМ СМ	2,7	3,3	3,0	3,3	2,0	2,0	1,7	1,7	н.д.	н.д.	2,0	2,1
ЧМ ХМ	7,3	9,0	7,0	10,3	2,7	8,3	2,7	8,0	6	8,3	2,3	7,3
ЧМ ЗД	4,7	7,7	6,3	7,3	2,1	6,0	1,8	6,3	3,3	7,0	1,7	5,0
ПМ ЗД	5,3	5,0	5,0	5,3	2,3	2,0	2,7	2,3	н.д.	н.д.	2,3	2,3

и протаскивающие механизмы харвестерных головок. Вместе с этими повреждениями наблюдались обдир коры и даже повреждения слоев стволовой древесины. Повреждения, нанесенные пилами харвестерных головок (запилы) или грейферными захватами форвардеров, встречались редко (около 1%).

В случаях, когда лесозаготовительные операции проводились в соответствии со всеми рабочими инструкциями и требованиями, выход брака был меньше 3% для хвойных пиловочников, заготовленных по ПМ СМ и меньше 2% для хвойного баланса, в независимости от сезона. По сравнению с ЧМ СМ, для которого типичные размеры припуска составляли +(5–10) см, применение ПМ СМ обеспечивало больший выход сортиментов, так как размер припуска обычно был +(0–4) см.

При применении ЧМ ХМ и ЧМ ЗД независимо от времени года наиболее часто встречались следующие типы повреждений сортиментов (Таблица 3.19–3.21): вырывы и задиры (2–3% от обследованных сортиментов), запилы и зарубы в стволовой древесине (2–3%). Реже встречались не полностью срезанные сучья (1%), сколы, отщепы и трещины (1%).

Таблица 3.19. Объемные потери хвойных пиловочников (% от осмотренных сортиментов) в зависимости от заготовительных систем и типов повреждений (СП – сосновый пиловочник, ЕП – еловый пиловочник).

Система	Механические повреждения								Дефекты обработки								Загрязнение почвой	
	Вырывы и задиры				Запилы и зарубы				Не полностью срезанные сучья				Сколы, отщепы и трещины				Лето	
	Зима		Лето		Зима		Лето		Зима		Лето		Зима		Лето			
	СП	ЕП	СП	ЕП	СП	ЕП	СП	ЕП	СП	ЕП	СП	ЕП	СП	ЕП	СП	ЕП		
ЧМ СМ	2,0	2,3	0	0	0	0	1,7	2,0	0	0	0	0	2,3	2,7	2,0	1,3	0	0
ПМ СМ	0,7	0,7	1,5	1,7	1,3	1,7	1,0	1,0	1,7	2,1	1,7	1,7	1,7	2,1	1,5	1,7	0	0
ЧМ ХМ	2,0	2,7	2,7	3,0	2,3	2,7	2,0	2,1	0,9	1,0	1,1	1,3	1,0	0,9	1,0	1,3	8,1	7,3
ЧМ ЗД	2,0	2,7	2,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,7	1,0	1,3	1,1	1,3	1,0	1,1	1,3	1,0	5,0	4,3
ПМ ЗД	3,0	3,1	1,7	1,3	1,3	1,7	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,7	2,1	1,9	1,7	1,3	0	0

Таблица 3.20. Объемные потери березового фанерного кряжа (% от осмотренных сортиментов) в зависимости от заготовительных систем и типов повреждений.

Системы	Механические повреждения				Дефекты обработки				Загрязнение почвой	
	Вырывы и задиры		Запилы и зарубы		Не полностью срезанные сучья		Сколы, отщепы и трещины		Лето	
	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето		
ЧМ СМ	0	0	1,8	1,7	0	0	1,7	1,7	0	
ЧМ ХМ	2,7	3,0	2,7	2,0	1,0	1,1	1,1	1,3	8,3	
ЧМ ЗД	1,7	1,7	2,3	2,0	1,3	1,3	1	1,3	6,0	

Таблица 3.21. Объемные потери балансовой древесины (% от осмотренных сортиментов) в зависимости от заготовительных систем и типов повреждений (СБ – сосновые балансы, ЕБ – еловые балансы, ББ – березовые балансы).

Системы	Не полностью срезанные сучья						Загрязнение почвой		
	Зима			Лето			Лето		
	СБ	ЕБ	ББ	СБ	ЕБ	ББ	СБ	ЕБ	ББ
ЧМ СМ	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	0	0	0
ПМ СМ	1,7	1,3	1,7	1,7	1,7	2,0	0	0	0
ЧМ ХМ	0,9	1,0	0,9	1,0	1,3	1,0	9,1	8,3	8,0
ЧМ ЗД	1,0	1,0	0,7	1,0	0,9	0,9	5,0	5,7	4,0
ПМ ЗД	1,3	1,7	1,3	1,3	1,7	1,7	0	0	0

Таблица 3.22. Потери объемов и стоимости деловой древесины в исследованных компаниях в зависимости от лесозаготовительных систем.

Система	Компания	Ежегодная заготовка, 1000 м ³			Объемные потери		Потери стоимости	
		Всего	Дровяная древесина	Деловая древесина	%	1000 м ³	€/м ³	1000 €
ЧМ СМ	2, 3, 7, 8, 9	363,0	56,2	306,8	1,8	5,64	0,51	156,6
ПМ СМ	1, 2, 3, 4, 5,6	503,0	64,8	438,2	2,3	9,98	0,65	286,2
ЧМ ХМ	1, 5, 10, 11, 12, 13, 14	935,4	155,6	779,8	5,0	39,14	1,38	1074,9
ЧМ ЗД	15	67,1	6,7	60,4	4,2	2,52	1,04	62,7
ПМ ЗД	1, 14	318,2	31,8	286,4	3,3	9,56	0,86	247,4
Всего		2186,7	315,1	1871,6	3,6	66,84	0,98	1827,8

Загрязнение сортиментов почвой было отмечено летом (до 9% для ЧМ ХМ и 6% для ЧМ ЗД). Доля брака для еловых и сосновых пиловочников достигала (Таблица 3.18): 6–7% для ели и 5–7% для сосны зимой, 7–10% для ели и 8–9% для сосны зимой. Наибольший процент брака был отмечен для пиловочников, заготовленных для экспорта. Доля брака для березового фанерного кряжа достигала 2% зимой и до 7% для ХМ и 5% для ЧМ ЗД летом. Для соснового и елового баланса доля брака составляла, соответственно, до 3% и до 2% зимой и 3% летом.

Для ПМ ЗД зимой и летом были характерны следующие виды повреждений древесины (Таблицы 3.19 и 3.21): запилы (3%), сколы, отщепы и трещины на торцах бревен (2%), вырывы и задиры (2–3%), а также не полностью срезанные сучья (2%). Для еловых и сосновых пиловочников (Таблица 3.18) доля брака была около 5% не зависимо от сезона. Доля брака для березового, соснового и елового баланса составляла около 3% зимой и до 2% летом.

Сезонность лесозаготовительных операций имела негативное влияние на качество древесины, заготавливаемой по ЧМ СМ, ЧМ ХМ и для ЧМ ЗД.

В общем, для 15 изученных компаний объемные потери древесины (выраженные как доля брака от общего среднего объема деловой древесины в год) составили: 1,8% для ЧМ СМ; 2,3% для ПМ СМ; 5,0% для ЧМ ХМ; 4,2% для ЧМ ЗД; и 3,3 для ПМ ЗД (Таблица 3.22).

В общем, средние потери объемов древесины в изученных компаниях составляли 3,6% или 67 000 м³/г. В зависимости от применяемых заготовительных систем потери стоимости достигали: 0,51 €/м³ для ЧМ СМ; 0,65 €/м³ для ПМ СМ; 1,38 €/м³ для ЧМ ХМ; 1,04 €/м³ для ЧМ ЗД и 0,86 €/м³ для ПМ ЗД. Общая средняя потеря стоимости древесины в изученных компаниях составила 0,98 €/м³ или € 1,8 миллиона евро в год.

Заклучение и рекомендации

Анализ полученных результатов показывает, что сортиментный метод может обеспечить самое высокое качество заготавливаемой древесины (доля брака меньше 3% от исследованных сортиментов) во всех рассмотренных компаниях и для разных породных составов. Заготовка деревьями продемонстрировала приемлемое качество древесины (доля брака около 3–5%). Качество древесины получаемой при использовании хлыстового метода было низким (доля брака больше 6%), особенно летом (доля брака до 10%).

Более половины лесосек в России располагаются на влажных и слабых почвах, доля песчаных почв по сравнению с суглинками и глинами в России мала (Gerasimov and Katarov 2010). Самую высокую долю брака имеет ЧМ ХМ, что объясняется особенностями метода – хлысты собираются в пачки и трелюются чокерным трелевочным трактором на таких почвах, что ведет к загрязнению почвой и другим повреждениям. Для ЧМ ЗД справедливы те же причины, объясняющие высокий выход брака, особенно в летний период, однако, крона в

некоторой степени защищает стволую древесину от повреждений. ПМ ЗД не имеет таких недостатков из-за применения валочно-пакетирующих машин и трелевочных тракторов с пачковыми захватами. Независимо от времени года СМ демонстрирует наименьший выход брака из-за применения форвардеров, когда круглая древесина перевозится в полностью погруженном положении, а не трелюется из леса по слабым почвам. Поэтому выбор лесозаготовительной системы должен быть адаптирован к наиболее распространенным почвам, чтобы уменьшить потери древесины.

Наиболее частыми повреждениями древесины были механические повреждения (вырывы и задиры, запилы пилой, тросом или грейферным захватом форвардера, дефекты обработки (не полностью срезанные сучья, сколы, отщепы и трещины) и загрязнение почвой. В общем, объёмные потери древесины не отличались значительно от объёмных потерь, зарегистрированных для ЗД в США (Wang et al. 2004) и СМ в Финляндии и России (Eronen et al. 2000, Сюнев и Селиверстов 2006).

Однозначно, для снижения потерь деловой древесины необходимо улучшить лесозаготовительные операции даже в рамках тех же лесозаготовительных систем. Операторы и вальщики должны уделять больше внимания качеству, а не только одним объемам, это может быть достигнуто введением соответствующих систем оплаты труда и лесозаготовительных инструкций, стимулирующих заготовку ценной древесины без повреждений. Влияние сезонности работ тоже может быть принято во внимание, доля брака выше зимой для ЧМ СМ и летом для ЧМ ХМ и ЧМ ЗД. В зависимости от характера поверхности, штабелевка сортиментов у дороги должна проводиться на основании из древесины. Операторы должны правильно проводить обслуживание оборудования (настройка сучкорезных и протягивающих механизмов харвестерных головок, заточка сучкорезных ножей, очистка валиков от коры и древесины и т.д.). Установленная харвестерная головка должна соответствовать как базовой машине, так и условиям лесосеки (породный состав, размер деревьев). Также необходимо разработать новые наставления и проводить соответствующее практическое обучение, направленные на снижение повреждений древесины в ходе заготовок (Сюнев и др. 2008). Однако, перед специализацией в управлении конкретной сложной машиной (харвестером, форвардером или валочно-пакетирующей машиной), операторы должны получить соответствующее профессиональное образование.

На примере передового опыта исследованных компаний была сделана приблизительная оценка возможного снижения брака по сравнению с установившимися лесозаготовительными системами. Доля брака может быть снижена на 20% для ЧМ СМ и на 25% для ПМ ЗД если будут устранены недостатки, присущие этим методам. Также следует отметить, что оптимизация раскряжевки для ПМ СМ сможет повысить выход деловой древесины. Улучшения лесозаготовительных систем для ЧМ СМ смогут снизить долю брака на 15%. Для ЧМ ХМ и ЧМ ЗД снижение количества поврежденных сортиментов может достигать 20% и 15% соответственно.

Потери объемов деловой древесины в изученных компаниях могут казаться незначительными, особенно когда берется во внимание отсутствие разницы между ПМ СМ и ЧМ СМ. Однако, переход от традиционного ЧМ ХМ к СМ снижает потери, в среднем, на 0,8 €/м³ или 100 000 €/г для средней лесозаготовительной системы.

Принимая во внимание начальную стоимость машин для СМ (форвардер стоит около 200 000 €, харвестер больше 300 000 €), переход от ЧМ ХМ и ЧМ ЗД к ПМ СМ может быть оправдан в долгосрочной перспективе, но переход к ЧМ СМ может быть целесообразным в среднесрочном периоде времени. При выборе лесозаготовительной системы необходим дополнительный анализ эффективности данной системы в зависимости от многих факторов. Экономическая выгода оценивается производительностью и затратами (Adebayo et al.

2007, Коновалов и Селиверстов 2008). Особое внимание должно уделяться комфортности и безопасности рабочих условий при выполнении лесозаготовительных операций, что должно сделать работу на лесозаготовках более привлекательной для молодежи (Gerasimov & Sokolov 2009). Экологические факторы и характеристики местности включают повреждения почвы, подроста, остающихся деревьев и т.д. (Сюнёв и др. 2009).

Проведенное исследование было направлено на изучение различных требований к качеству круглых лесоматериалов и операций в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия, что может ограничивать применимость полученных результатов в других регионах России. Более того, необходимо провести дополнительные исследования, чтобы определить влияние различных требований к качеству раскряжевки (для внутреннего и экспортного рынков или для отдельных клиентов) на объемы деловой древесины и потери объемов. Неправильная раскряжевка может не повреждать сортименты физически, но снижать потенциальную выгоду (Wang et al. 2004, Marshall et al. 2006). Для повышения эффективности обработки искривленных стволов и срезания толстых сучьев в природно-производственных условиях России необходимо улучшить конструкцию сучкорезных и протягивающих механизмов харвестерных головок. Также значительно возросший спрос на фанеру требует провести более глубокий анализ потерь качества березового фанерного кряжа при использовании ПМ СМ и ПМ ЗД.

Литература

- ГОСТ 2292-88. 1990. Лесоматериалы круглые. Маркировка, сортировка, транспортирование, методы измерения и приемка. Москва. Госстандарт, 12 с.
- ГОСТ 9463-88. 1990. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. Москва. Госстандарт, 14 с.
- Коновалов, А. П., Селиверстов, А. А. 2008. Технологии лесозаготовок: оценка по технико-экономическим факторам. Лесной эксперт 1(2008): 76–81.
- ПРК. 2010. Среднеконтрактные цены на основные продукты лесной и деревообрабатывающей промышленности в Республике Карелия. Правительство Республики Карелия. Доступно: <http://www.gov.karelia.ru>.
- Сюнёв В.С., Соколов А. П., Селиверстов А.А., Коновалов А.П., Катаров В.К., Герасимов Ю.Ю., Вяльккю Э., Карвинен С. 2008. Анализ потребности в обучении операторов лесозаготовительных машин. НИИ леса Финляндии. 11 с.
Доступно: http://www.idanmetsatieto.info/rus/cfmldocs/document.cfm?doc=show&doc_id=1200
- Сюнёв В.С., Соколов А.П., Коновалов А.П., Катаров В.К., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., Карвинен С., Вяльккю Э. 2008. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия. НИИ Леса Финляндии. 126 с.
Доступно на: <http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1643>.
- Сюнёв, В., Селиверстов, А. 2006. Влияние сортиментной механизированной технологии на качество заготавливаемых сортиментов. Актуальные проблемы лесной промышленности 14: 68–71 с.
- ТУ 13-2-12-96. 1996. Технические условия. Пиловочные бревна, поставляемые из России в Финляндию. ЦНИИМЭ, 20 с.
- ТУ 13-2-1-95. 1995. Технические условия. Балансы поставляемые в Финляндию. ЦНИИМЭ, 15 с.
- Adebayo, A. B., Han, H., Johnson, L. 2007. Productivity and cost of cut-to-length and whole-tree harvesting in a mixed-conifer stand. Forest Products Journal 57(6): 59–69.
- Connell, M. J., 2003: Log presentation: log damage arising from mechanical harvesting or processing. CSIRO Forestry and Forest Products. Victoria, 62 p.
- Eronen, J., Asikainen, A., Uusitalo, J., Sikanen, L. 2000. Control of log end checks during bucking with a modified single-grip harvester. Forest Products Journal 50(4): 65–70.

- Gerasimov, Y. and Seliverstrov, A. 2010. Industrial roundwood losses associated with harvesting systems in Russia. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30 (2): 111-126
- Gerasimov, Y., Katarov, V. 2010: Effect of Bogie Track and Slash Reinforcement on Sinkage and Soil Compaction in Soft Terrains. *Croatian Journal of Forest Engineering* 31(1): 35–45.
- Gerasimov, Y., Sokolov, A. 2009. Ergonomic characterization of harvesting work in Karelia. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30(2): 159–170.
- Marshall, H., Murphy, G. E., Boston, K. 2006. Evaluation of the economic impacts of length and diameter measurement error on mechanical processors and harvesters operating in pine stands. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 1661–1673.
- McNeel, J. F., Czerepinski, F. 1987. Effect of felling head design on shear-related damage in southern yellow pine. *Southern Journal of Applied Forestry* 11(1): 3–6.
- Murphy, G. E. 2005. Technology Aids Value Recovery. *Focus on Forestry* 18(2): 12.
- Murphy, G., Twaddle, A. A. 1985. Techniques for the assessment and control of log value recovery in the New Zealand forest harvesting industry. In: *Proceedings of the 9th Annual Meeting of Council on Forest Engineering*, Mobile, AL, September 29 – October 2, 1985.
- Pickens, J. B., Lee, A., Lyon, G. W. 1992. Optimal bucking of Northern hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry*. 9(4): 149–152.
- Sessions, J. 1988. Making better tree-bucking decisions in the woods. *Journal of Forestry* (10): 43–45.
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Nati, C. 2010. Comparison between mechanized and manual log-making in Italian poplar plantations. In: *Forest Engineering Meeting the Needs of the Society and the Environment. Proceedings of 43 International Symposium on Forestry Mechanisation*, July 11–14, 2010, Padova, Italy, 8 p.
- Wang, J., LeDoux, C., Vanderberg, M., McNeel, J. 2004. Log damage and value loss associated with two ground-based harvesting systems in central Appalachia. *International Journal of Forest Engineering* 15(1): 61–69.

3.4.2 Улучшение качества обработки стволов харвестерными головками

Опыт эксплуатации харвестеров на лесозаготовительных предприятиях показывает, что если операторы машин уделяют должное внимание заточке пильных цепей, то с техническим обслуживанием сучкорезно-протаскивающего механизма, как правило, имеются проблемы. А поскольку процесс обрезки сучьев харвестером происходит на достаточно высоких скоростях протаскивания ствола (до 5 м/с), то к сучкорезным ножам предъявляются высокие требования по износостойкости и способности сохранять оптимальную геометрию режущей кромки и граней резца ножа. Затупление режущих кромок ножей, нарушения геометрии их формы снижают производительность работы машины, ухудшают качество заготавливаемых сортиментов. Особенно интенсивно износ ножей происходит в бесснежный период года, когда на сучья при валке налипают минеральные включения, частицы почвы.

В результате проведенных исследований на 7 лесозаготовительных предприятиях Северо-Запада России было установлено, что в большинстве компаний при техническом обслуживании харвестерных головок требования по заточке сучкорезных ножей в соответствии с инструкцией по их эксплуатации не выполнялись. Не проводилась своевременная, а главное правильная заточка ножей. В результате ножи если и оказывались заточенными, то не всегда в соответствии с конструктивными требованиями. В Таблице 3.23 приведены, в качестве примера, значения углов заточки режущих кромок ножей трех харвестерных головок *John Deere 758HD*, измеренных на одном из лесозаготовительных предприятий в сравнении с рекомендованными заводом изготовителем.

Как видно из приведенных данных (замеры делались после очередной заточки), реальные углы ножей не соответствовали рекомендованным. Разница достигала 10 градусов. Помимо нарушений инструкции по заточке в отношении величины углов, были отмечены

Таблица 3.23. Углы заточки режущих кромок ножей измеренные (1) и рекомендуемые (2).

	Угол заточки режущих кромок ножей в град.				
	Два боковых подвижных верхних		Два боковых подвижных нижних	Один опорный верхний	
	А	В	В	А	Б
Харвестерная головка 1					
1	40°	50°	45°	30°	30°
2	35°	40°	40°	35°	30°
Расхождение	5°	10°	5°	-5°	0°
Харвестерная головка 2					
1	38°	45°	35°	29°	35°
2	35°	40°	40°	35°	30°
Расхождение	3°	5°	-5°	-6°	5°
Харвестерная головка 3					
1	40°	47°	40°	35°	37°
2	35°	40°	40°	35°	30°
Расхождение	5°	7°	0°	0°	7°

А – сектор обрезки сучьев тонких стволов, Б и В – сектора обрезки сучьев толстых стволов

случаи нарушения самой геометрии заточки. Например, встречались случаи, при которых верхний опорный нож был дополнительно заточен по нижней грани верхней режущей кромки с устранением необходимого зазора (Рис. 3.20). При такой встречной заточке нож будет отходить от поверхности ствола, в особенности, при обработке лиственных пород деревьев, некачественно срезая сучья.

У ряда обследованных харвестерных головок для боковых подвижных ножей верхнего уровня (Рис. 3.21) углы резания в секторе В обрезки сучьев толстых стволов были увеличены на 5–10 градусов (Таблица 3.23). Это связано с тем, что вследствие износа ножа геометрия его режущей кромки изменилась, а затем не была исправлена при последующих заточках.

Исследование процесса обрезки сучьев неправильно заточенными ножами показало, что такие ножи зачастую зарезаются в ствол или наоборот, образуют зазор со стволом, что приводит к образованию не полностью срезанных сучьев (Рис. 3.22).

Помимо неправильного технического обслуживания, были отмечены случаи грубого нарушения эксплуатации, приведшие к механическому повреждению ножей. Достаточно часто операторы машин при работе с обрабатываемым деревом допускали удары верхнего опорного ножа о раму базовой машины или гусеничные ленты тандемных тележек. Такие удары приводят к сколам ножа с необходимостью последующего ремонта (Рис. 3.23).



Рис. 3.20. Нож опорный верхний со встречной заточкой по нижней грани режущей кромки.



Рис. 3.21. Нож боковой верхний: а – правильный угол резания в секторе обрезке сучьев толстых стволов; б – неправильный угол резания в секторе обрезке сучьев толстых стволов.

Помимо состояния ножей на эффективность процесса протаскивания и качество обрезки сучьев значительное влияние оказывает состояние приводных валцов протаскивающего механизма. В Таблице 3.24 приведены результаты замеров параметров, характеризующих состояние ошиповки валцов, выполненной на трех упомянутых харвестерных головках.

Как видно из представленных данных наибольший износ имеют боковые валцы (до 23% по высоте и до 21% по выпадению). Очевидно, что состояние валцов необходимо контролировать при техническом обслуживании, а при необходимости – ремонтировать или заменять их.

Еще одним параметром, который необходимо контролировать при техническом обслуживании харвестерных головок, является давление прижима валцов и ножей к стволу.

Очевидно, что если замена изношенных валцов на новые является относительно дорогостоящей операцией, то наплавление шипов на валце, периодический контроль давления прижима валцов и ножей и последующая их регулировка, правильная заточка не требуют больших материальных затрат. В то время, как выгода от правильного проведения таких мер



Рис. 3.22. Не полностью срезанные сучья.



Рис. 3.23. Поврежденный опорный верхний нож.

Таблица 3.24. Состояния приводных валцов протаскивающего механизма.

Состояния валцов	Средняя высота эллипсовидной ошповки вальца, см / % износа вальца				Количество отсутствующих шипов на вальце, шт. / %			
	боковой		опорный на раме		боковой		опорный на раме	
	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый
1	1,19	1,16	1,3	1,29	8	29	–	3
	21%	23%	13%	14%	6%	21%	–	3%
2	1,31	1,32	1,39	1,39	4	3	–	–
	13%	12%	7%	7%	3%	2%	–	–
3	1,42	1,41	1,44	1,45	10	6	–	–
	6%	6%	4%	3%	7%	4%	–	–

очевидна, поскольку несоответствующая работа валцов также приводит к повреждению обрабатываемых стволов (Рис. 3.24).

Для оценки влияния правильности заточки ножей при разном состоянии протаскивающих валцов и нормальном давлении прижима на качество обрезки сучьев были проведены соответствующие исследования. По результатам работы трех харвестеров в однотипном древостое была проведена оценка качества получаемых сортиментов до заточки ножей и после неё.

Было установлено, что для наиболее изношенных валцов (головка 1) процент брака (по наличию у сортиментов не полностью срезанных сучьев высотой более 10 мм) от общего количества измеренных пиловочников и баланса уменьшился: для сосны – на 4%, для ели – на 4%, для березы – на 6%, т.е. в данном случае обработка стволов с объемом хлыста от 0,5 до 1 куб.м. стала эффективнее.

Для изношенных валцов (головка 2): процент брака уменьшился для сосны – на 2% и для березы – на 2%. Для ели практически без изменений.

Для новых валцов в летний сезон (головка 3): процент брака уменьшился для березы – на 2%. Для ели в том и другом случае не изменился.

При максимальной изношенности протаскивающих валцов (головка 1) эффективность обрезки сучьев хуже, в сравнении с головками 2 и 3.

До заточки сучкорезных ножей при наибольшей изношенности валцов головки 1 установлен максимальный процент брака для трех рассмотренных пород (до 12%). В то время как для 2 и 3 головок он не превышал 8%.

Выполненная заточка ножей позволила повысить качество заготавливаемых сортиментов для всех трех головок и уменьшить процент брака (по наличию не полностью срезанных сучьев) на 25–50%.

Как было установлено, заточка сучкорезных ножей головок с новыми вальцами или изношенными до 13% способствовала повышению производительности обработки стволов



Рис. 3.24. Повреждения ствола приводными вальцами.

деревьев объемом 0,3–0,8 куб.м. для рассмотренных пород на 6–14%. При наибольшей (23%) изношенности валцов наблюдается снижение производительности обработки стволов деревьев объемом 0,3–0,8 куб.м. рассмотренных пород на 12–21% в сравнении с новыми валцами. У головки с новыми валцами или изношенными до 13% расход топлива на операцию протяжки деревьев был меньше на 16–31% в сравнении с харвестерной головкой с 23% износом валцов. Последующая заточка ножей способствовала только дополнительному снижению расхода топлива (9–15%).

Несомненно, выполнение приведенных ниже рекомендаций требует повышения уровня подготовки операторов харвестеров, что является важным фактором в повышении эффективности работы машин (Сюнёв и др. 2008).

Для повышения эффективности использования харвестеров в российских условиях рекомендуется:

- Уделять большое внимание заточке сучкорезных ножей головки в весенне-летний и осенний периоды, что будет способствовать повышению качества заготавливаемых сортиментов, эффективности обработки стволов деревьев и снижению расхода топлива на операцию протяжки ствола.
- Рассмотреть возможность повышения износостойкости режущих кромок верхнего опорного сучкорезного ножа для John Deere 758 HD и Kesla (по результатам исследования влияния СПМ на качество лесоматериалов у головки Kesla Foresteri 22RH). Для Kesla следует также рассмотреть возможность использования съемного верхнего опорного ножа взамен жестко приваренного на раме.
- Контролировать состояние протаскивающих валцов при техническом обслуживании, вовремя ремонтируя или заменяя их на новые, что будет способствовать повышению эффективности обработки стволов деревьев и снижению расхода топлива на операцию протяжки ствола дерева.
- Необходимо, чтобы операторы харвестеров были не только ознакомлены с требованиями по заточке ножей в соответствии с «Руководством по эксплуатации и техническому обслуживанию» харвестерной головки, но и в их должностные обязанности входило осуществление контроля за соблюдением качественной заточки ножей рабочим персоналом.
- Производителям харвестерных головок следовало бы предусмотреть включение в комплектацию харвестерной головки соответствующие приспособления (угломер) для измерения углов заточки ножей.
- Заработная плата операторов должна быть связана с качеством производимых сортиментов.
- Организовать специальную систему обучения операторов машин с изучением как теоретических основ лесного дела, устройства машин, особенностей их эксплуатации, так и существенной практической составляющей. При этом практическая часть обучения должна базироваться в значительной степени на использовании современных обучающих тренажеров-симуляторов.

Литература

Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию харвестерной головки *John Deere 758HD*.

Сюнёв В.С., Соколов А. П., Селиверстов А.А., Коновалов А.П., Катаров В.К., Герасимов Ю.Ю., Вяльккю Э., Карвинен С. 2008. Анализ потребности в обучении операторов лесозаготовительных машин. НИИ леса Финляндии. 11 с. Доступно:
http://www.idanmetsatieto.info/rus/cfmldocs/document.cfm?doc=show&doc_id=1200.

3.5 Рекомендации по адаптации лесных машин к условиям Северо-Запада России

Более чем 15-летний накопленный опыт эксплуатации финских лесосечных машин лесозаготовительными предприятиями Северо-Запада России, и Республики Карелия в частности, показал эффективность их применения: лучшие условия труда с точки зрения эргономики и безопасности труда, высокие экологические показатели машин, высокую надежность машин в сочетании с удобством в обслуживании и эксплуатации. Если говорить о производительности и качестве получаемых лесоматериалов, то они приемлемы, хотя могли бы быть более высокими (Сюнёв и др. 2008а).

Проведенные исследования в Республике Карелия на ряде крупных предприятий показали, что лесозаготовителям зачастую не удается достичь высокой производительности и качества получаемых лесоматериалов (Селиверстов и др. 2010, Сюнёв и др. 2008б) Чем это обусловлено? Связано ли это с тем, что выпускаемые в странах Северной Европы лесосечные машины не адаптированы к российским природно-производственным условиям эксплуатации?

Выпускаемые в странах Северной Европы лесосечные машины и технологическое оборудование различаются геометрическими и массово-мощностными параметрами различных функциональных возможностей, что позволяет лесозаготовителю (далее покупателю) подобрать машину и технологическое оборудование (харвестерную головку и пр.) наиболее подходящие к конкретным природно-производственным условиям эксплуатации. Кроме того, машины могут быть поставлены покупателю с учетом его требований к конструкции, а именно: возможностью выбора покрышек, типа манипулятора, автоматической системы управления машиной и измерительной системы оценки объема заготовленной древесины и длин выпиливаемых сортиментов на базе персонального компьютера, харвестерной головки, а также дополнительного оборудования к стандартной комплектации (арктического пакета, формы и размеров грузовых стоек кузова форвардера, механизма взвешивания лесоматериалов и пр. для агрегатов). При выборе лесосечных машин и оборудования отечественный покупатель чаще всего не обращает на это внимание и ориентируется:

1. На цену (привлекательную сбытовую политику завода-изготовителя, официального представителя, дилера). Машина приобретается в наиболее дешевой комплектации. При этом машина и (или) ее технологическое оборудование могут приобретаться такого размерного и массово-мощностного класса, что применение их в природно-производственных условиях лесосырьевой базы предприятия и соответствующих видах рубок не позволяет добиться высокой производительности и качества. В таких случаях, например, не исключено превышение грузоподъемности форвардера; применение харвестера, предназначенного для рубок ухода, на сплошных рубках, и т.д.
2. На гарантийный и постгарантийный сервис и логистику запасных частей.

Зачастую вследствие нарушения приемов работы операторами форвардеров при выполнении погрузочно-разгрузочных операций и превышения грузоподъемности при трелевке дополнительно нагружаются грузовые стойки, что приводит к их изгибанию и поломкам. В последующем уже требуются сварочные работы в месте изгиба и разрыва сварных швов стоек.

Применение механизмов для взвешивания отдельных сортиментов в грейферном захвате или целиком грузовой платформы с сортиментами позволяют отслеживать превышение грузоподъемности и предупреждать такие нарушения со стороны операторов машин.

При нарушении технологических приемов работы (с учетом тяжелых условий эксплуатации у форвардеров чаще всего также ломаются: цепной механизм выдвижения телескопа,

гидроцилиндры стрелы манипулятора, деталь (серьга) крепления грейферного захвата на конце телескопической рукояти манипулятора.

На харвестерах наиболее существенны такие поломки, как выход из строя гидроцилиндров колонны и стрелы манипулятора, трещины в местах сварных швов стрелы и рукояти манипулятора, износ шестерни колонны поворотного механизма и пр. Во многом это связано с нарушением приемов работы операторами.

Наибольшее распространение на лесозаготовках Северо-Запада получили колесные харвестеры 6х6 среднего и базового размерного классов, в частности John Deere 1270D и 1470D, Ponsse Ergo и Beaver, Valmet 911 и др.; форвардеры 6х6 и 8х8 универсальные John Deere 1010D, 1110D, 1410D, Ponsse Wisent и Buffalo, Valmet 860 и др.

Большое распространение также получили харвестеры на базе гусеничных экскаваторов (дорожно-строительных машин) Volvo, Hitachi, Kobelco, Daewoo и др. с навешиваемыми на стрелу, преимущественно, финскими или шведскими харвестерными головками. В ряде технологических процессов лесозаготовок харвестеры на базе экскаваторов применяются в качестве процессоров на погрузочной площадке у лесовозной дороги. В этом случае они производят обрезку сучьев с трелеванных деревьев и разделку хлыстов на сортименты.

Результаты проведенных исследований работы харвестера на базе экскаватора FIAT-Kobelco E135SR на отечественном предприятии показали, что машина зачастую не достаточно эффективно работает. Фактическая часовая производительность машины была менее 12 куб. м. в час для среднего объема хлыста 0,165 куб.м. Мощность базовой машины на 20% меньше потребной мощности харвестерной головки Kesla Foresteri 22RH. Кроме того, замедлялась работа сучкорезно-протаскивающего механизма головки при одновременной работе с манипулятором вследствие недостаточной производительности гидронасоса.

Таким образом, официальному представителю и дилеру при продаже харвестерной головки следует рекомендовать покупателю базовые экскаваторные машины с требуемой мощностью и производительностью гидронасосов, приводя положительный опыт установки на конкретные машины. Также обязательно наличие в конструкции удлинителя стрелы при вылете манипулятора не менее 10 м.

Эксплуатация лесосечных машин в широком диапазоне российских природно-производственных условий по рельефу местности, категориям почво-грунтов, составу и характеристикам древостоя, природно-климатическим условиям, виду рубок, также сказывается на ее эффективности.

Движение машин осуществляется по лесным почво-грунтам, особенностью которых является достаточно низкая несущая способность, насыщенность корневыми системами. В ряде лесозаготовочных регионов почва содержит большое количество камней. Кроме того, крупные камни – валуны – являются существенными препятствиями на путях движения. Поэтому лесная машина должна одновременно обладать высокой проходимостью и маневренностью при высоком тяговом усилии и, в то же время, минимально повреждать почвенный покров путем нарезания колеи, сжатия почво-грунта, повреждения корней. Например, использование машин на шарнирно-сочлененной раме и с 6 приводными колесами способствует хорошей маневренности (John Deere 1010D и др.). Величина дорожного просвета (клиренса), как правило, составляющая 600–700 мм, вполне достаточна для преодоления препятствий.

- Эксплуатация форвардеров в таких тяжелых условиях показала, что чаще всего выходят из строя (ломаются): цепной механизм в tandemных тележках, ступицы колес передней полурамы (машины с колесной формулой 6х6), подшипники вертикального шарнира поворота полурам.
- Для улучшения эксплуатационных качеств, в т.ч. и во время работы на склоне, большинство колесных и гусеничных харвестеров обладают кабиной с возможностью

выравнивания (наклона) и вращения. Харвестеры на базе гусеничного экскаватора (дорожно-строительной машины), преимущественно, не имеют возможности наклона кабины. Выравнивание кабины для форвардеров способствовало бы также улучшению их эксплуатационных качеств, наиболее эффективному выполнению технологических операций при улучшении эргономических показателей обзорности (углов обзора, обзора в рабочем направлении и др., тем более при компоновке манипулятора за кабиной). В качестве примера такой машины можно привести форвардер John Deere 1510E.

- Для работы на склонах с уклоном от 16 до 25 град и от 26 град и выше (не для Карелии) целесообразно осуществлять работу в сухую погоду и на подъем или в конструкции машины должны быть предусмотрены специальные технические решения, исключющие её опрокидывание или сползание при работе на подъем или даже на спуск: гусеничное шасси или с 8 приводными колесами, удлиненная рама; при уклонах более 26 градусов применение синхронно вращающейся поддерживающей лебедки, установленной на задней полураме, также эффективно, например, машина HSM 405HL2.
- Выравнивание харвестера при работе на склоне возможно также за счёт гидравлического изменения величины дорожного просвета, например, ряд шведских машин. Таким образом, центр тяжести машины может быть снижен во время работы, чтобы гарантировать максимальную устойчивость, а затем поднять, чтобы гарантировать беспрепятственный проход по лесу. Однако такая конструкция усложняет и увеличивает массу машины.
- Существенное влияние на выбор технологии, машин и оборудования лесозаготовок оказывает характеристика древостоя и вид рубок. Учитывая, что в российских условиях преобладают смешенные насаждения с различными пороками древесины и пороками формы ствола, то необходимо учитывать при проектировании харвестерных головок (Syunev et al. 2007), например, следующее:
- увеличение усилия протаскивания для обеспечения возможности обрезки сучьев большого диаметра (до 30 кН и выше) (мощные гидромоторы привода вальцов, увеличение числа вальцов, применение гусениц, применение комбинированных схем: два вальца и гусеница или др.;
- обеспечение возможности обработки искривленных стволов (за счет использования короткой рамы и четырехвальцовой или гусеничной схемы протаскивания);
- облегчение конструкций головок (за счет применения новых материалов);
- модернизация систем управления.

В конструкции мощных моделей головок просматривается тенденция на увеличение ширины раскрытия захватных рычагов с протаскивающими вальцами. Это позволяет обрабатывать более крупные деревья. Однако такие головки целесообразно применять в соответствующих производственных условиях, поскольку при работе в древостоях с небольшими диаметрами срезаемых деревьев избыточность открытия рычагов приводит к увеличению времени на захват ствола и соответствующей потере производительности.

Из пригодности климатических условий на параметры проектируемых и эксплуатируемых машин наиболее существенное влияние оказывает температура воздуха, влажность, скорость ветра, количество осадков, высота снежного покрова. Наиболее благоприятным для окружающей среды является использование машин при отрицательных температурах (до – 15 градусов) при небольшой величине снежного покрова (до 30 см). В этом случае обеспечивается достаточная проходимость машин на всех типах почво-грунтов при отсутствии их повреждения. Понижение температуры и увеличение глубины снежного покрова (сопоставимого с дорожным просветом) снижают эффективность работы машин. Например, для работы при низких температурах в условиях Северо-Запада применение “арктического пакета”: обогреватели для предварительного подогрева топлива перед запуском двигателя

и гидравлического масла, возможность перекрытия масляного радиатора для исключения принудительного охлаждения гидравлического масла и др. могут быть полезными.

Высокие температуры воздуха в теплый период (выше 30 градусов) могут отрицательно влиять на работу гидравлических систем.

Большое количество осадков и повышенная влажность влияют на снижение проходимости машин, особенно на грунтах 2–4 категорий. При движении машин по увлажненным почво-грунтам усиливается их негативное воздействие на последние в плане ускоренного разрушения с потерей несущей способности. В таком случае применение гусеничных лент для тандемных тележек особенно актуально (см. пункт 3.3.1), которые при этом дополнительно продлевают срок службы шин. Увеличение же количества колес, например, до 10 (форвардер Ponsse Buffalo 10w), будет способствовать меньшему удельному давлению на почво-грунт и увеличению грузоподъемности при некотором ухудшении маневренности. Для финских лесных машин основным типом трансмиссии стал механо-гидростатический, позволяющий плавно бесступенчато регулировать скорость движения машины, обеспечивать хорошее сцепление с почвой и удобство при выполнении машиной нескольких операций. При этом следует отметить, что в случае продолжительного перемещения машины своим ходом с делянки на делянку и пр. для исключения перегрева трансмиссии достаточно эффективно отключение ее гидростатической части при движении за счет функционирования механической, например, машины John Deere. В российских условиях, когда делянки могут быть удалены относительно далеко друг от друга на расстояния, например, 10 км, самостоятельное передвижение лесосечных машин со скоростью до 30 км/ч оказывается достаточно целесообразным с экономической и организационной точек зрения.

Литература

- Селиверстов А.А., Сунёв В.С., Герасимов Ю.Ю., Соколов А.П. 2010. Повышение эффективности использования харвестеров. Системы. Методы. Технологии, 4: 133-139.
- Сунёв В.С., Селиверстов А.А. 2007. Современные финские харвестеры и харвестерные головки в России. Доступно на: <http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1360>
- Сунёв В.С., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., С. Карвинен. 2008б. Влияние сортиментной механизированной технологии на качество заготавливаемых сортиментов. Научный журнал БГИТА. Доступно на: http://science-bsea.narod.ru/2008/les_2008/sunev_vlijanie.htm.
- Сунёв В.С., Соколов А.П., Коновалов А.П., Катапов В.К., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., Карвинен С., Вялькю Э. 2008. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия. НИИ Леса Финляндии. 126 с. Доступно на: <http://www.idanmetsatieto.info/rus/?ID=683&news=view&newsID=1643>.

4 Логистика и инфраструктура деловой и энергетической древесины

4.1 Текущее положение

Актуальность проблемы поиска эффективных методов решения задачи логистики лесозаготовок существенно возросла в России в последние годы. В первую очередь это связано с ускоренным ростом объемов лесозаготовок, осуществляемых с использованием сортиментной (скандинавской) технологии. Во многих регионах доля объема древесины, заготавливаемой с использованием скандинавской технологии, уже достигла 50%, а в некоторых, например, в республике Карелия, по данным 2009 года составила 93% (МЭРРК 2010).

При использовании традиционной хлыстовой технологии вывозка хлыстов с лесосек чаще всего выполняется на один-два, реже на три, крупных нижних склада. Склады обычно принимают все виды заготавливаемой продукции. А в случае наличия нескольких складов, – они разнесены в пространстве. Поэтому не составляет особого труда определить для каждой лесосеки, на какой нижний склад лучше вывозить хлысты: в подавляющем большинстве случаев – на ближайший.

В результате анализа существующих подходов к формированию транспортных планов при вывозке древесины на примере Республики Карелия и Ленинградской области было выявлено два основных направления. Первое направление заключается в привязке к каждой действующей лесосеке некоторого числа автомобилей, такого, чтобы их суммарная суточная производительность была примерно равна суточному объему заготовки на данной лесосеке. Таким образом, при использовании этого подхода каждый автомобиль ежедневно совершает одинаковое число рейсов с одной и той же лесосеки на один и тот же нижний склад, до тех пор, пока лесосека не будет разработана полностью.

Второй подход основывается на массовой вывозке. При этом сначала при выполнении заготовки вывозка не производится, и лесоматериалы накапливаются в штабелях на верхнем складе (погрузочной площадке). Затем, в одном из трех случаев:

- когда верхний склад (погрузочная площадка) оказывается заполненным на 100%,
 - когда разработка лесосеки завершается,
 - когда становится возможной вывозка по сезонной дороге,
- весь наличный парк автомобилей или его значительная часть начинают вывозку с данной лесосеки и заканчивают ее в кратчайшие сроки (обычно за несколько дней).

И тот, и другой подходы являются эффективными только при выполнении условий предопределенности и неизменности места назначения вывозки. Второй способ обычно используется в районах с большой протяженностью сезонных дорог и, в отличие от первого, требует наличия мощных верхних складов (погрузочных площадок).

При прочих равных условиях применение сортиментной технологии существенно усложняет задачу отыскания оптимального транспортного плана, ввиду отсутствия в ее классической схеме централизованных нижних складов и существенного увеличения номенклатуры производимой на лесосеке продукции.

При использовании данной технологии вывозка часто выполняется непосредственно на двор потребителя или на терминал, привязанный к железнодорожной станции. Причем суммарное число потребителей и терминалов может быть достаточно большим, а номенклатура видов принимаемой каждым потребителем продукции – достаточно узкой. Кроме того, объемы продукции, принимаемые различными потребителями, могут очень сильно различаться.

Таким образом, часто возникает необходимость в поставках продукции на двор одного и того же потребителя с разных лесосек и одновременно различных видов продукции с одной и той же лесосеки - разным потребителям. При этом часто имеются альтернативы, т. е. одну и ту же продукцию с одной и той же лесосеки можно поставить разным потребителям, и наоборот поставить определенную продукцию определенному потребителю с разных лесосек.

Все это приводит к тому, что стандартные схемы организации перевозок оказываются малоэффективными, а построение более эффективных планов, ввиду сложности задачи, может быть осуществлено только при условии использования современных методов математического программирования, реализуемых в специальном прикладном программном обеспечении.

Отсутствие приемлемых решений этой задачи в числе прочего обусловило появление на предприятиях Северо-Запада России гибридного подхода к вывозке сортиментов, при котором вывозка выполняется в два этапа. На первом этапе все сортименты вывозятся с лесосек на нижний склад, а затем, уже со склада после вторичной сортировки, потребителям. Наличие склада может существенно увеличить затраты на перевозку одного кубометра древесины, т. к. суммарное расстояние транспортирования с лесосеки на склад плюс со склада потребителю будет всегда больше расстояния при непосредственной перевозке с лесосеки потребителю. Кроме того, сюда следует прибавить затраты на перевалку, хранение лесоматериалов, содержание склада и т. д.

Таким образом, можно сделать вывод, что наличие у специалистов по логистике компаний надежного и желательно универсального алгоритма поиска оптимального транспортного плана, основывающегося на методах математического программирования и учитывающего все вышеперечисленные особенности, могло бы существенно повысить эффективность работ по вывозке продукции лесозаготовок

Литература

МЭРПК. 2011 Среднеконтрактные цены на основные виды продукции лесной и деревообрабатывающих отраслей, сложившиеся в Республике Карелия за январь-декабрь 2010 года. Министерство экономического развития Республики Карелии. Доступно на:
http://www.gov.karelia.ru/gov/Power/Ministry/Development/Prices/price_wood_1012e.html.

4.2 Оптимизация лесозаготовок и логистики

В этой главе описана созданная с применением геоинформационных технологий компьютерная информационно-вычислительная система поддержки принятия решений для оптимизации лесозаготовительных планов и логистики заготовленной древесины (СППР). Разработка системы началась с создания алгоритмов и программного обеспечения для оптимизации транспортной логистики. Позже в систему были добавлены алгоритм и программа оптимизации лесозаготовительных планов. Подробное описание системы и ее функций представлено в Gerasimov et al. (2008) и Sokolov and Gerasimov (2011).

4.2.1 Оптимизация логистики заготовленной древесины

Введение

В России лесозаготовительные операции обычно разделены на три стадии: лесозаготовка, транспортировка и операции на нижнем складе. Лесозаготовка может осуществляться в трех вариантах: заготовка деревьями, хлыстами или сортиментами. Эти методы отличаются по применяемым технологиям, обрезка сучьев и раскряжевка стволов выполняется либо непосредственно на месте валки, либо у дороги, либо на нижнем складе (Karvinen et al. 2006). Способы транспортировки древесины зависят от применяемых заготовительных методов: древесина с погрузочной площадки транспортируется непосредственно потребителю, или через промежуточные склады или нижние склады. Управление логистикой при использовании традиционного хлыстового метода - достаточно простая задача, так как все заготовленные хлысты транспортируются с лесосек на один и тот же нижний склад. Применение сортиментного метода или использование процессора на погрузочной площадке требует уделять больше внимания логистике, потому что сортименты с лесосек должны быть поставлены напрямую нескольким потребителям: ЦБК, лесопильным предприятиям, заводам производящим древесные плиты, на терминалы или железнодорожные станции. Логистика сортиментов является сложной задачей, которая не может быть решена в рамках старых подходов (Sikanen et al. 2005). В России логистические подходы к транспортировке сортиментов еще недостаточно хорошо развиты. Программное обеспечение и инструменты (Andersson et al. 2007, Forsberg et al. 2005, Fjeld and Hedlinger 2005, Uusitalo 2005, Hedlinger et al. 2005, Helstad 2006), разработанные в странах, располагающих долгим опытом применения сортиментного метода и транспортировки сортиментов (Финляндия и Швеция), не всегда применимы в российских условиях. Причиной этого является специфическая организационная структура российских лесозаготовительных компаний, которые имеют транспортные подразделения с собственным автопарком, гаражами и ремонтными мастерскими. В России также имеются такие дополнительные факторы, как специфические требования к нагрузке на ось автопоездов, собственные стандарты на круглую древесину, разные категории дорог, плохое состояние и обслуживание дорог, сезонная доступность древесины, неравномерное распределение лесозаготовительных операций в течение года и т.д. Кроме того, решения должны разрабатываться индивидуально для каждой конкретной компании и обычно подходят только для нее, поэтому необходимо создавать специализированные программные инструменты для улучшения планирования и оптимизации логистики древесины на операционном и тактическом уровнях.

Цели

Основной целью данной работы было создание СППР для планирования и анализа транспортировки сортиментов на уровне лесозаготовительной компании в российских условиях. СППР должна предоставлять лесозаготовительной компании всестороннюю информацию о выигрышах и ограничениях, связанных с применением различных вариантов транспортировки сортиментов. Лесозаготовительная компания должна получать от системы достаточно информации, чтобы принимать эффективные оперативные и долгосрочные решения.

Экономическая эффективность осуществления лесозаготовительных операций по производству сортиментов является критическим элементом для развития лесного хозяйства и лесозаготовок в России (Karjalainen et al. 2005). СППР также может играть роль информационно-советующей системы для лесозаготовительных компаний на стратегическом

уровне, так как, в числе прочего, она учитывает и экономические факторы. Например, она в состоянии выявить нехватку сортиментовозов или, в случае необходимости, может помочь в решении задач размещения гаражей или временных терминалов и т.д.

Постановка проблемы

Основной задачей в организации транспортировки сортиментов является составление транспортных планов, которые бы позволяли максимизировать вывозку древесины при рациональном использовании парка сортиментовозов в лесозаготовительной компании. Термин «транспортный план» означает подробное расписание вывозки, составленное для всего автопарка на конкретный период времени, включая такую информацию, как, например, место и время погрузки и разгрузки, тип перевозимых сортиментов и т.д.

Задачу организации транспортировки сортиментов можно поставить следующим образом. Лесозаготовительная компания имеет несколько операционных единиц: лесосеки, потребители, железнодорожные станции и гаражи. Известны следующие данные: максимальные и фактические объемы запасов сортиментов на погрузочных площадках, ежедневный выход каждого вида сортиментов на каждой из лесосек и их транспортная доступность зимой или круглогодично. Компания имеет действующие контракты на поставку древесины с несколькими потребителями, а также для каждого потребителя известны ежемесячные объемы поставок сортиментов.

Тип сортиментов зависит от древесной породы, назначения (пиловочник, баланс, дровяная древесина), размерности (диаметр и длина) и качества древесины (внутренние или экспортные нормативы). Размер сортимента может быть определен предельными величинами (минимум, максимум), древесные породы могут быть определены непосредственно (сосна, ель, береза, осина и другие) или даны в общем виде (хвойная, лиственная, любая). Более того, потребитель может принимать неотсортированные сортименты. В таком случае, два разных сортимента на лесосеке могут быть равнозначным сырьем для завода и наоборот. Поэтому процедура идентификации номенклатуры сортиментов должна происходить на лесосеках и у потребителей.

Все лесосеки и потребители связаны посредством автомобильных и железных дорог. Перевалка сортиментов с автомобилем на железнодорожные вагоны организована на терминалах железнодорожных станций. Древесина с лесосек доставляется на заводы или терминалы сортиментовозами. Число сортиментовозов и их характеристики (модель, грузоподъемность и т. д.) задаются пользователем. Каждый из автомобилей регистрируется в конкретном гараже. Одновременно может существовать несколько гаражей. Геоинформационная система (ГИС) используется для определения расположения и соединения посредством дорожной сети лесосек, терминалов, потребителей и гаражей.

Структура программы

СППР была создана в среде MapInfo с использованием для программирования языков MapBasic и C++, а также Microsoft Excel для формирования отчетов. Среда MapInfo обеспечивает возможность создания с помощью MapBasic программ с интерфейсом пользователя и специализированными диалоговыми окнами. Структура программы и ее наиболее важные компоненты показаны на Рис. 4.1.

- *Модуль данных* содержит информацию о дорогах и их качестве, расположении субъектов логистического управления (т.е. лесосек, потребителей, гаражей, железнодорожных станций) и их характеристиках. Пользователь может легко управлять данными через дружественный интерфейс.

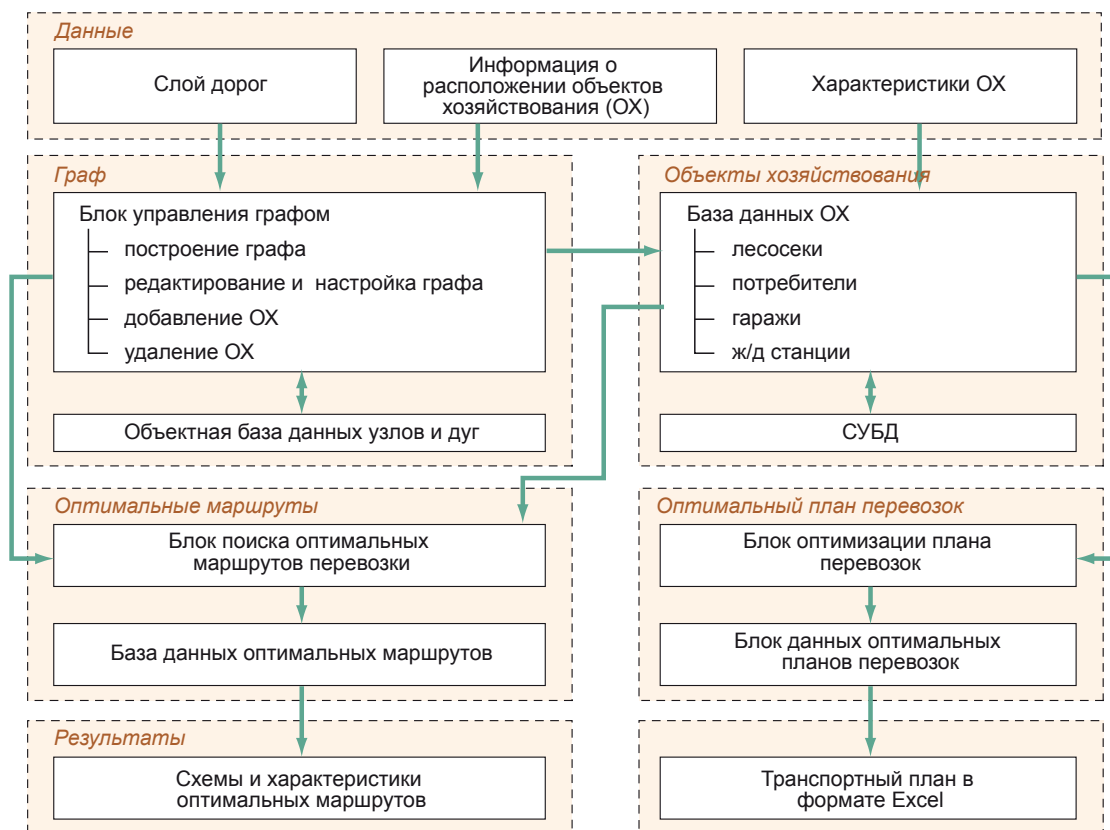


Рис. 4.1. Структура программы.

- *Модуль графов* является второй частью программы. В этом модуле пользователь может создавать слои дорог, включая субъекты логистического управления. Несколько подмодулей были созданы для управления графами (создание, редактирование, удаление и добавление).
- *Модуль оптимальных маршрутов* с помощью эвристического метода помогает пользователю определить оптимальный вариант маршрута транспортировки сортиментов.
- *Модуль оптимальных транспортных планов* с помощью динамического программирования генерирует оптимальные ежедневные задачи для каждого из сортиментовозов.
- *Модуль отчетов* выдает для лесозаготовительной компании отчеты по оптимальным маршрутам и планам для транспортировки сортиментов.

Данные

Данные, необходимые для планирования и анализа транспортировки сортиментов, включают:

- Дорожные карты в формате MapInfo
- Расположение субъектов логистического управления (лесосеки, потребители, железнодорожные станции, гаражи)
- Характеристики субъектов логистического управления:
- Лесосеки (Рис. 4.2): дата начала заготовки; тип лесосеки (зимняя, летняя, круглогодичная); типы заготавливаемых сортиментов и их характеристики: породы деревьев, размер и сортность; средний дневной объем заготовки; распределение запаса по типам сортиментов; расчетный и фактически заготовленный объем; возможность использовать тяжелые автомобили с прицепами; возможные потребители для каждого из типов сортиментов.

	Species	Type	Min. Length, m	Max. Length, m	Min. Diameter, mm	Max. Diameter, mm	Standard	Sorted	Current volume, cub. m	Potential volume, cub. m	Customers
1.	Conifers	Sawlogs	4	6	260	420	Export	<input checked="" type="checkbox"/>	215	2 150	...
2.	Spruce	Sawlogs	4	6	125	280	Export	<input checked="" type="checkbox"/>	45	450	...
3.	Conifers	Pulpwood	0	0	0	0	Export	<input type="checkbox"/>	90	900	...
4.	Birch	Pulpwood	0	0	0	0	Export	<input type="checkbox"/>	105	1 050	...
5.	Any	Firewood	0	0	0	0	Domestic	<input type="checkbox"/>	45	450	...
6.	Any		0	0	0	0	Domestic	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	...
7.	Any		0	0	0	0	Domestic	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	...

Рис. 4.2. Диалоговые окна «Лесосека».

Unselected:	Selected:
CS3	CS4
	CS2
	CS1

- Потребители (Рис. 4.3): тип потребителя (местный потребитель означает, что возможны прямые поставки автомобилями, удаленный потребитель означает, что необходима перевалка сортиментов с автомобилями на железнодорожные вагоны); расстояние от железнодорожной станции до удаленного потребителя; тип потребляемых сортиментов и их характеристики: древесные породы, размер, сортность, ежемесячные объемы контрактных поставок по типам сортиментов.
- Гаражи (Рис. 4.4): число зарегистрированных сортиментовозов; характеристики каждого автомобиля: модель, возможность использования прицепа или полуприцепа, регистрационный номер, грузоподъемность, среднее время загрузки и разгрузки.
- Железнодорожные станции: название, код, стоимость перевалки с сортиментовозов на вагоны через терминал за 1 м³ (Стоимость транспортировки древесины и перевалки на терминалах принимаются в расчет при поиске оптимального маршрута).

Граф

Перед поиском оптимальных маршрутов, исходный слой дорог должен быть трансформирован в граф. В начале создается слой узлов. Узлы нумеруются и сохраняются в базе данных.

Следующим шагом является создание слоя дуг – каждая дорога трансформируется в несколько взаимосвязанных сегментов. Начальные и конечные точки сегментов совпадают с точечными объектами слоя узлов.

Тип дороги, номер начальной и конечной точек, длина дуги, и расчетное время движения по каждой из дуг вводятся в базу данных. Пользователь должен задать среднюю скорость движения по всем типам дорог для расчета времени движения.

Customer's factory characteristics

Name of customer's factory: CS1 ID of customer: 6 Type of customer: Ordinary

Set the customer's factory active Railway distance to Remote Customer from indicated point, km: 0

	Species	Type	Min. Length, m	Max. Length, m	Min. Diameter, mm	Max. Diameter, mm	Standard	Sorted	Contract
1.	Any	Sawlogs	4	6,1	120	450	Export	<input checked="" type="checkbox"/>	...
2.	Any	Pulpwood	0	0	0	0	Export	<input type="checkbox"/>	...
3.	Any		0	0	0	0	Domestic	<input checked="" type="checkbox"/>	...
4.	Any		0	0	0	0	Domestic	<input checked="" type="checkbox"/>	...
5.	Any		0	0	0	0	Domestic	<input checked="" type="checkbox"/>	...
6.	Any		0	0	0	0	Domestic	<input checked="" type="checkbox"/>	...
7.	Any		0	0	0	0	Domestic	<input checked="" type="checkbox"/>	...
8.	Any		0	0	0	0	Domestic	<input checked="" type="checkbox"/>	...

Cancel Ok

Рис. 4.3. Диалоговые окна «Потребитель».

Contract

Input contract data

	Volumes, cubic meters			Volumes, cubic meters	
	by plane	by fact		by plane	by fact
January	0	0	July	0	0
February	8 000	3 000	August	12 500	0
March	10 000	0	September	0	0
April	0	0	October	0	0
May	0	0	November	0	0
June	0	0	December	0	0

Cancel Ok

Garage characteristics

Name of garage: Sortavala ID of garage: 1

Set the garage active

Trucks in order of priority

Priority / ID / Type / Model / Trailer / Year / Number / Volume / Loading time / Activity

```

1 / 1 / Timber Truck / SISU-SN312SKN8x2 / Yes / 2005 / b185bo98 / 58 / 50 / Active
2 / 2 / Timber Truck / SISU-E14 / Yes / 2005 / b184bo98 / 52 / 50 / Active
3 / 3 / Timber Truck / Volvo-FH12 / Yes / 2005 / b187bo98 / 52 / 50 / Active
4 / 4 / Timber Truck / Volvo-FH12 / Yes / 2005 / b188bo98 / 52 / 50 / Active
5 / 5 / Timber Truck / Scania-141 / Yes / 1981 / b766yy10 / 50 / 52 / Active
    
```

Move up Move down

Add Properties Delete Cancel Ok

Add the truck

Input truck characteristics

Name of garage: Sortavala Set the truck active

Garage ID: 1 Truck ID: 1 Trailer Type of truck: Timber Truck

Model: SISU-SN312SKN8x2 Number: b185bo98

Year: 2005 Volume cub.m.: 58 Average time for loading/unloading, min: 50

Cancel Ok

Рис. 4.4. Диалоговые окна «Гараж».

Если пользователю известны специфические свойства секций дорог (их состояние, сложные повороты и другие факторы, влияющие на скорость) они могут быть введены с помощью специального инструмента программы.

Поиск оптимальных маршрутов

Поиск оптимальных маршрутов помогает найти маршрут с наименьшими транспортными затратами. Для этого необходимо задать относительные или абсолютные транспортные затраты и стоимость перевалки на 1 м³ древесины.

Важными элементами для оптимизации являются оценка времени движения и затрат для субъектов логистического управления. Время движения зависит от расстояния и средней скорости движения по дороге при различных условиях. Обычно для проезда доступно несколько путей.

Для поиска оптимальных маршрутов был использован оригинальный эвристический метод, основанный на алгоритме Дикстра (Dijkstra 1956), что позволило учесть все узлы графа на каждом шаге алгоритма.

Все маршруты и их характеристики сохраняются в базе данных и загружаются оттуда при повторяющихся запросах. Это значительно уменьшает время расчетов новых вариантов транспортных планов для одного и того же графа.

Поиск оптимальных транспортных планов

Задача составления транспортного плана не может быть решена в рамках классических подходов (Андреев и Герасимов 1999). Эта задача может быть классифицирована как «открытая» или «бесконечношаговая». Процесс синтеза транспортного плана для каждого сортиментовоза останавливается и начинается возвращение в гараж при завершении рабочей смены, при недостаточных объемах сортиментов на погрузочных площадках или при выполнении всех обязательств по контрактным поставкам. Для решения этой задачи был разработан оригинальный алгоритм (Sokolov and Gerasimov 2004), основанный на динамическом программировании.

Целевым критерием оптимизации является транспортируемый сортиментовозом за одну смену объем древесины. Общее время движения автомобиля минимизируется в пределах ограниченной смены без учета остановок по причинам, не связанным с технологией. Полученное оптимальное решение непосредственно соответствует максимальному объему вывозки за смену, т.е. наибольшему числу рейсов. В ходе условной оптимизации на каждом шаге динамического программирования в зависимости от того, где на данном шаге находится автомобиль (на лесосеке или у потребителя), либо для каждой лесосеки определяется потребитель, время движения до которого с данной лесосеки минимально, либо для каждого потребителя определяется лесосека, время движения до которой минимально.

В ходе безусловной оптимизации (от конца к началу) определяется транспортный план с максимальным числом рейсов. Если было найдено несколько альтернативных транспортных планов с одинаковым числом рейсов, тогда выбирается план, в котором сортиментовоз возвращается в гараж как можно позднее (максимизируется использование машин).

Если несколько типов сортиментов назначены для вывозки с оптимальной лесосеки оптимальному потребителю, то в этом случае выбирается тип сортиментов с наивысшим приоритетом. Назначение приоритетов для типов сортиментов вынесено в соответствующее диалоговое окно (характеристики лесосеки или потребителя).

Все сортиментовозы включены в списки по гаражам в соответствии с приоритетами пользователя. Назначение приоритетов для автомобилей осуществляется через соответствующее диалоговое окно. Сначала транспортный план рассчитывается для первого автомобиля из списка, затем для второго (для не вывезенной древесины) и т.д. Если есть несколько гаражей, сначала план рассчитывается для всех первых сортиментовозов во

всех гаражах. Следующий план рассчитывается для вторых машин во всех гаражах и так далее до тех пор, пока вся древесины не будет вывезена. Результаты сохраняются в файле Microsoft Excel, при этом каждый лист в книге представляет собой транспортный план для всех сортиментовозов одного гаража.

Эффективность транспортных планов

Тестирование

Эффективность разработанной СППР была проверена на примере реального процесса лесозаготовок. Три транспортных плана были сравнены для лесозаготовительной компании, работающей в Республике Карелия. Компания предоставила данные инвентаризации лесов и информацию, характеризующую инфраструктуру. Используя полученные данные, были созданы следующие картографические слои: дороги (5 классов качества), насаждения и лесосеки. Базовый транспортный план (План 1) был составлен традиционным путем без применения разработанной системы. Два других транспортных плана (План 2 и План 3) были составлены с помощью предложенной СППР. Разница между Планом 2 и Планом 3 состояла в том, что в Плане 3 смена водителей сортиментовозов в конце каждой смены проходила на маршруте без возвращения в гараж.

Транспортные планы были составлены для 4 последовательных рабочих дней, по 2 смены каждый, для одинаковых характеристик субъектов логистического управления (лесосек, потребителей, маршрутов, автомобильного парка и т.д.) Рассматривалось 5 сортиментовозов из одного гаража, 4 лесосеки и 4 потребителя (3 лесопильных предприятия и один терминал). Грузоподъемность сортиментовозов в зависимости от модели (Volvo, Scania) была 50–52 м³. В зависимости от лесосеки, выход сортиментов 140–420 м³ с делянки, а фактический вырубемый объем равнялся 5 000–15 000 м³. Половину вырубемой древесины составлял хвойный пиловочник, включая 9% мелкотоварного елового пиловочника, 18% – хвойные балансы, 22% – березовые балансы, 10% – дровяная древесина (Gerasimov et al. 2005).

Показатели эффективности

Сравнение транспортных планов было выполнено с использованием следующих показателей эффективности: общее рабочее время (часов), общий пробег (км), общее число рейсов, общий объем вывезенной древесины (м³), общий пробег с грузом (км), необходимое число автомобилей, коэффициент использования автомобильного парка внутри смены, индекс пробега с грузом, индекс операционной работы (м³/км).

Коэффициент использования автомобильного парка внутри смены имеет несколько иное значение, чем стандартный коэффициент использования автомобильного парка. Этот коэффициент показывает использование автомобилей в течение смены, т.е. насколько эффективно используются сортиментовозы в транспортном плане. Если автомобиль простаивает в течение всего дня, он исключается из расчетов. Наиболее эффективный транспортный план тот, в котором один и тот же объем древесины был вывезен наименьшим числом сортиментовозов, или, наоборот, в котором одним и тем же числом автомобилей был вывезен больший объем древесины. Индекс пробега с грузом отражает отношение пробега с грузом к общему пробегу. Индекс операционной работы показывает, сколько древесины было вывезено на 1 км пробега сортиментовоза.

Таблица 4.1. Сравнение базового транспортного Плана 1 с транспортными Планами 2 и 3, полученными с помощью СППР.

План	Общее рабочее время, ч	Общий пробег, км	Число рейсов	Общий объем, м ³	Общий пробег с грузом, км	Необходимое число автомобилей	Коэффициент использования автомобильного парка	Индекс пробега с грузом	Операционная работа, м ³ /км
1	307	7382	53	2740	2212	5	0,754	0,300	0,371
2	255 (-17%)	7382 (0%)	58 (+9%)	2996 (+9%)	2697 (+22%)	5 (0%)	0,728 (-4%)	0,365 (+22%)	0,406 (+9%)
3	239 (-22%)	5743 (-22%)	58 (+9%)	3000 (+10%)	2872 (+30%)	4 (-20%)	0,895 (+19%)	0,499 (+66%)	0,526 (+42%)

Результаты

Сравнение между результатами базового плана (План 1) и результатами планов, разработанных с использованием предлагаемой СППР (План 2 и 3) показано в Таблице 4.1. В кавычках приведено изменение индексов (в процентах по сравнению с Планом 1).

Оптимизация расписания вывозки древесины с использованием СППР (План 2) позволила увеличить общий вывезенный объем древесины с 2740 м³ до 2997 м³ (+9%). Общий пробег остался на том же уровне, но общее рабочее время уменьшилось на 17%. Для вывозки потребовалось то же количество автомобилей - 5 сортиментовозов. Коэффициент использования автопарка незначительно снизился на 4%, индекс пробега с грузом увеличился на 22%, а общий объем перевезенной древесины на 1 км пробега увеличился на 9%.

Оптимизация расписания вывозки древесины с использованием СППР (План 3) позволила увеличить общий объем вывезенной древесины с 2740 м³ до 3000 м³ (+10%). Общий пробег снизился с 7382 км до 5743 км (-22%), общее рабочее время сократилось с 307 ч до 234 ч (-22%). Проведенная оптимизация позволила снизить число необходимых для вывозки автомобилей с 5 до 4 сортиментовозов. Коэффициент использования автопарка увеличился на 19%, индекс пробега с грузом увеличился на 30%, а общий объем перевезенной древесины на 1 км увеличился на 42%.

Обсуждение и заключение

Разработанная система поддержки принятия решений может использоваться для планирования и оптимизации транспортировки сортиментов. Для тестирования СППР фактические данные были запрошены у лесозаготовительной компании. После проведения оптимизации различные варианты вывозки древесины были предложены компании и получены отзывы для дальнейшего развития системы.

Тестирование СППР и сравнение альтернативных транспортных планов показало, что эффективность вывозки сортиментов может быть увеличена на 40%. Применение системы позволяет компьютеризировать синтез транспортных планов, что делает возможным разработку нескольких альтернативных вариантов и учет возможных изменений как внутри организации, так и вне ее. Наиболее важным является то, что система позволяет оптимизировать транспортные операции.

Подсистема поиска оптимальных маршрутов движения в некоторых случаях не всегда может найти глобальный оптимум. Однако, тестирование показало, что проблемы возникают только в случае сложных графов с хаотичной структурой. В действительности сети лесных дорог расположены не случайным образом. Они имеют четкие направления, и поэтому разработанный алгоритм для поиска оптимальных маршрутов может считаться надежным.

Обзор существующих логистических методов и подходов, применяемых в России показал, что лесозаготовительные компании применяют разные подходы. Эти подходы не всегда основываются на экономическом анализе. Более того, принятие решений часто делается без соответствующего обоснования и во много зависит от опыта специалиста по логистике. Такие методы подходят компаниям, которые применяют традиционный хлыстовый метод и располагают одним нижним складом. Введение в практику сортиментного метода требует уделять больше внимания логистике древесины, так как сортименты с лесосек будут вывозиться напрямую к нескольким потребителям, терминалам и железнодорожным станциям. Основанная на геоинформационных технологиях система поддержки принятия решений была разработана для облегчения принятия решений лесозаготовительными компаниями при планировании вывозки, использовании и оптимизации автопарка. Поиск оптимальных маршрутов может использоваться и в других целях, например, для планирования лесных дорог, поставок топлива, транспортировки семян и т.д.

Литература

- Андреев В. Н. Принятие оптимальных решений: теория и применение в лесном комплексе: учебное пособие. Йёнсуу, Финляндия, 1999.
- Соколов А. П., и Герасимов Ю. Ю. 2011. Методика принятия решений по оптимизации лесозаготовительных планов. Научный журнал Краснодарского Государственного Аграрного Университета 69(5): 320-334
- Andersson, G., Flisberg, P., Liden, B., Rönnqvist, M., 2007: RuttOpt – A decision support system for routing of logging trucks. Discussion Papers, Department of Finance and Management Science, Norwegian School of Economics and Business Administration (NHH), No 2007/16, 34 с.
- Benkert, M., Wolff, A., Widmann, F., Shirabe, T., 2006: The minimum Manhattan network problem: Approximations and exact solutions. Computational Geometry: Theory and Applications 35(3):188–208.
- Dijkstra, E., 1959: A Note on Two Problems in Connexion With Graphs. Numerische Mathematik 1: 269–271.
- Fjeld, D., Hedlinger, C., 2005: The Transport Game – A Tool for Teaching Basics of Transport Decision Proficiency. International Journal of Forest Engineering 16(2): 57–64.
- Forsberg, M., Frisk, M., Rönnqvist, M., 2005: FlowOpt – A Decision Support Tool for Strategic and Tactical Transportation Planning in Forestry. International Journal of Forest Engineering 16(2): 101–114.
- Gerasimov, Y. Sokolov, A. and Karjalainen, T. 2008. GIS-based decision support program for planning and analysing short-wood transport in Russia. Croatian Journal of Forest Engineering 29(2): 163-175.
- Gerasimov, Y., Siounev, V., Chikulaev, P., Pechorin, V., Dyakonov, V., Komkov, V., Sikanen, L., Karjalainen, T., 2005: An analysis of logging companies in the Republic of Karelia. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 16, 39 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2005/mwp016.htm>.
- Hedlinger, C., Nilsson, B., Fjeld, D., 2005: Service Divergence In Swedish Roundwood Transport. International Journal of Forest Engineering 16(2): 153–166.
- Helstad, K., 2006: Managing timber procurement in Nordic purchasing sawmills. Acta Wexionensia 93/2006, Växjö University press, 56 с.
- Karanta, I., Jokinen, O., Mikkola, T., Savola, J., Bounsaythip, C., 2000: Requirements for a vehicle routing and scheduling system in timber transport. In: Sjöström, K. (ed), Logistics in the forest sector, Timber Logistics Club, Helsinki, 235–251 с.
- Karjalainen, T., Mutanen, A., Tornainen, T., Viitanen, J., 2005: Changes and Challenges in the Russian Forest Sector. Finnish Forest Sector Economic Outlook 2005–2005, 50–53.

- Karvinen, S., Vällky, E., Torniainen, T., Gerasimov, Y., 2006: Northwest Russian forestry in a nutshell. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 30, 98 с. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp030.htm>.
- Sikanen L., Asikainen, A., Lehikoinen, M., 2005: Transport control of forest fuels by fleet manager, mobile terminals and GPS. Biomass and Bioenergy 28: 183–191.
- Sokolov, A., Gerasimov, Y., 2004: Corporative information systems for wood procurement development in Karelia. Silva Carelica 45: 166–172.
- Uusitalo, J., 2005: A Framework for CTL Method-Based Wood Procurement Logistics. International Journal of Forest Engineering 16(2): 37–46.

4.2.2 Оптимизация лесозаготовительных планов

Введение

Решение задач логистики является одной из насущных проблем для лесозаготовительной отрасли. Здесь значение вопросов логистики за последнее время существенно возросло. Во многом это связано с внедрением на значительном числе лесозаготовительных предприятий России новой высокопроизводительной техники с одновременным ростом доли использования сортиментной технологии заготовки (Gerasimov et al. 2008, Sokolov and Gerasimov 2009).

Для обеспечения эффективного решения целого ряда таких задач была разработана компьютерная информационно-вычислительная система лесной логистики, использующая ГИС-технологии в качестве базы для своего построения. Описание системы, ее интерфейс, решаемые задачи, а также применяемые методы и алгоритмы подробно описаны в работах (Gerasimov et al. 2008, Sokolov and Gerasimov 2009, Sokolov et al. 2009, Gerasimov et al. 2011, Gerasimov et al. 2008a) (глава 4.2.1). Здесь приведем только список основных функций разработанной системы:

1. На оперативном уровне:
 1. Определение оптимальных маршрутов движения автомобилей-сортиментовозов.
 2. Составление оптимальных сменных транспортных планов для каждого автомобиля с указанием для каждого рейса мест погрузки и разгрузки, характеристик перевозимой продукции (сортиментов или древесины для нужд биоэнергетики), времени прибытия в пункты и убытия из них и т. д.
2. На тактическом уровне:
 1. Обоснование потребных мощностей на заготовке древесины.
 2. Обоснование потребных мощностей на вывозке древесины.
 3. Составление оптимальных планов на заготовке и вывозке топливной древесины для нужд биоэнергетики.
3. На стратегическом уровне:
 1. Обоснование комплексных технических и технологических решений, связанных с эксплуатацией лесосырьевых баз (вопросы выбора технологий заготовки, транспортировки, строительства дорог, использования промежуточных складов и т. д.).

Система состоит из ряда блоков и подпрограмм. Одним из основных блоков является блок имитационного моделирования процессов заготовки древесины. Для работы этого блока, в числе прочего, должен быть задан состав делянок, планируемых в рубку, и порядок их освоения лесозаготовительными комплексами. Здесь под лесозаготовительным комплексом подразумевается система лесосечных машин, работающая на делянке, например, харвестер – форвардер или валочно-пакетирующая машина – скиддер – процессор и т. п.

Данная глава посвящена описанию методики и алгоритма решения задачи обоснования порядка освоения делянок и распределения их между заготовительными комплексами,

который был реализован в последней версии компьютерной информационно-вычислительной системы лесной логистики.

Постановка задачи

Задача обоснования порядка освоения делянок и распределения их между заготовительными комплексами может быть решена как оптимизационная. В этом случае формулировка задачи выглядит следующим образом:

Пусть имеется N делянок, потенциальных для проведения лесозаготовок, и M лесозаготовительных комплексов. Для каждой делянки определено местоположение и привязка к дорожной сети, известны породный состав древостоя, запас древесины по породам, выход каждого вида продукции для каждой породы (сортиментов и древесины для нужд биоэнергетики), а также задан тип делянки: «всесезонная» или «зимняя». Для каждого комплекса известна средняя производительность для данных природно-производственных условий. Кроме того, задан расчетный период, известны среднерыночные цены франко-завод на все виды получаемой на делянках продукции, расстояние и средняя скорость перемещения комплексов между любой парой делянок. Задача заключается в определении состава делянок, назначаемых в рубку, распределении их между комплексами и задании порядка их освоения так, чтобы добиться оптимального значения заданного критерия оптимальности.

Метод решения

Поставленная задача была решена путем модернизации ранее созданной компьютерной информационно-вычислительной системы лесной логистики. Структура модернизированной системы с введенным в нее новым блоком (выделен красным цветом) показана на Рис. 4.5.

Система позволяет задавать, хранить и обрабатывать всю необходимую информацию по делянкам и заготовительным комплексам. В системе имеется возможность рассчитывать производительность лесосечных машин (харвестеров и форвардеров) в зависимости от породного состава насаждений, среднего объема хлыста и среднего расстояния трелевки, находить оптимальный маршрут движения между делянками, расстояние, скорость и время движения, определять выход продукции по видам продукции. Перечисленные возможности используются для нужд решения поставленной задачи.

Прежде всего необходимо определиться с критериями оптимальности. Чаще всего при решении производственных оптимизационных задач используются критерии экономического характера. В нашем случае это осуществлено путем расчета доходности освоения каждой потенциальной делянки с дальнейшим включением в план тех из них, для которых сумма доходностей будет наибольшей при заданных ограничениях по производительности используемых комплексов, сезонных ограничениях и заданном расчетном периоде.

Если расчетный период содержит несколько сезонов, предлагается выполнять планирование заготовки последовательно, сначала для первого сезона, включив в рассмотрение только делянки, доступные в данном сезоне, затем для второго сезона и, если необходимо, для третьего. Продолжительность расчетного периода ограничивается одним годом, т. к. на практике необходимость детального планирования заготовок на большие периоды мало вероятна.

Таким способом можно определить состав делянок, включаемых в лесозаготовительный план, но это не позволяет определить порядок их освоения.

При известном составе делянок определить порядок их освоения можно минимизируя затраты на перемещение комплексов между делянками. В данном случае решаемая задача сводится к «задаче об n коммивояжерах». Здесь можно воспользоваться уже существующим в системе блоком определения оптимальных маршрутов перевозки и объектной базой

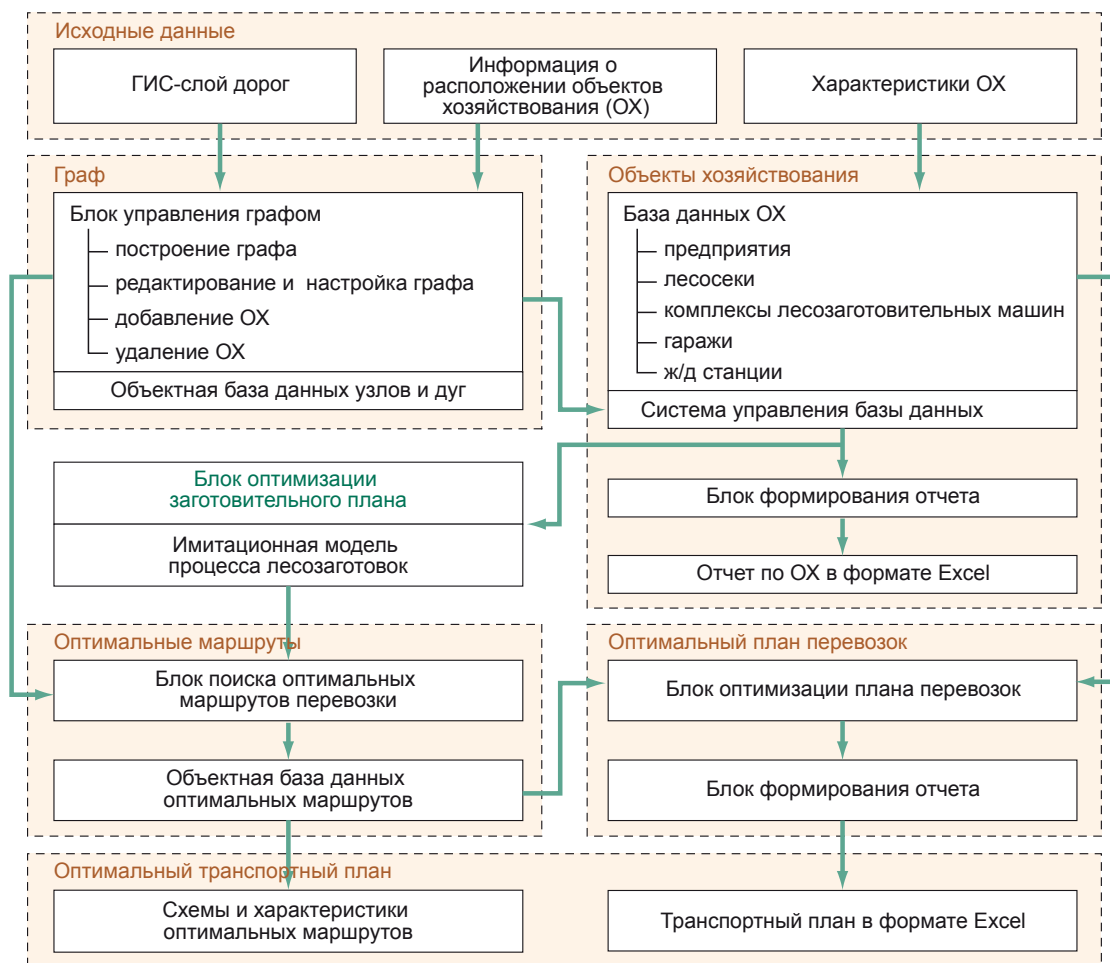


Рис. 4.5. Структура компьютерной информационно-вычислительной системы лесной логистики.

данных этих маршрутов (Рис. 4.5). Учитывая сделанное в блоке определения оптимальных маршрутов допущение, что транспортные затраты прямо пропорциональны времени движения, в качестве критерия оптимальности принято время движения от исходной точки к точке назначения. Оно определяется исходя из расстояний между этими точками по графу дорожной сети и средних скоростей движения для каждого участка дорог (ребер графа).

Для учета различий в производительности лесозаготовительных комплексов предлагается разбить задачу на две взаимосвязанные оптимизационные задачи.

Сначала определяется порядок обхода всех делянок, включенных в заготовительный план после решения задачи без привязки к конкретным лесозаготовительным комплексам. Эта задача сводится к классической «задаче коммивояжера». Решение «задачи коммивояжера» организовано с помощью алгоритма Прима для определения минимального остовного дерева (Kormen et al. 2005, Prim 1957, Cheriton and Tarjan 1976) с введенным в него ограничением на число ребер, входящих в одну вершину.

На втором этапе определяется оптимальное распределение делянок по заготовительным комплексам с учетом их конкретной производительности. Т. к. число лесозаготовительных комплексов, одновременно работающих на среднестатистическом лесозаготовительном предприятии России, очень редко превышает 10, то оптимальное распределение делянок по комплексам можно организовать путем полного перебора всех возможных сочетаний с помощью одного из известных алгоритмов генерирования перестановок (Lipskii 1988).

Реализация

Для реализации решения поставленной задачи с помощью языка программирования C++ был создан программный блок для компьютерной информационно-вычислительной системы лесной логистики (Sokolov & Gerasimov 2011).

Для обеспечения функционирования блока были внесены изменения в некоторые диалоги интерфейса и в структуру базы данных делянок. В базу данных было внесено новое поле, в которое заносится сезонный фактор делянки. Для задания этого фактора в главный диалог ввода характеристик делянки был добавлен соответствующий переключатель "Cutting season".

Кроме того, для расчета доходности делянок потребовался ввод среднерыночных цен франко-завод на продукцию лесозаготовок. Для этого были внесены изменения в диалог задания выхода различных типов сортиментов и отходов по породам: туда были добавлены поля для ввода цен (Рис 4.6).

В главный диалог ввода характеристик лесозаготовительных комплексов (Рис. 4.7) был добавлен новый инструмент, запускающий работу блока оптимизации заготовительного плана (обведен на Рис. 4.7).

	Pine		Spruce		Birch		Aspen	
	%	Price for 1 cub. m	%	Price for 1 cub. m	%	Price for 1 cub. m	%	Price, for 1 cub. m
Sawlogs	68	2,044	53	1,808	0	1,553	0	1,500
Pulpwood	25	1,140	38	1,124	90	1,022	58	892
Firewood	9	511	9	511	10	511	42	511
Residues/Chips	16	500	17	500	22	500	18	500

Рис. 4.6. Диалог ввода распределения сортиментов и цен.

Number of shifts per day: 2 Shift duration, h: 9
Average machine utilization rate: 0.8 Average logger transferring time, days: 1

List of loggers

ID	Name	Harvester	Forwarder	Daily Output, cub.m.	Activity
1	LG1	Harvester	Forwarder	125	Active
2	LG2	Harvester	Forwarder	215	Active
3	LG3	Harvester	Forwarder	233	Active
4	LG4	Harvester	Forwarder	243	Inactive
5	LG5	Harvester	Forwarder	243	Inactive
6	LG6	Harvester	Forwarder	243	Inactive
7	LG7	Harvester	Forwarder	184	Inactive
8	LG8	Harvester	Forwarder	148	Inactive
9	LG9	Harvester	Forwarder	247	Inactive

Buttons: Add, Properties, Delete, **Make sites distribution**, Ok

Рис. 4.7. Главный диалог ввода характеристик лесозаготовительных комплексов.

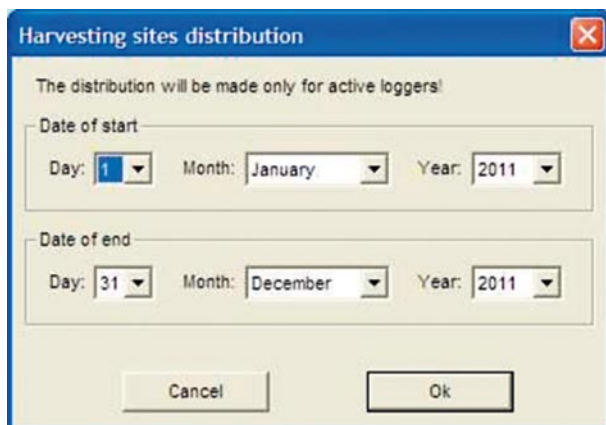


Рис. 4.8. Диалог ввода расчетного периода.

После активизации этого инструмента появляется вновь созданный диалог для ввода расчетного периода (Рис. 4.8). После ввода расчетного периода запускается блок оптимизации заготовительного плана. В результате его работы делянки, принятые к освоению в расчетном периоде, автоматически распределяются по заготовительным комплексам в оптимальном порядке. Соответствующие изменения также автоматически вносятся в соответствующие базы данных и могут контролироваться пользователем в диалогах ввода характеристик делянок и лесозаготовительных комплексов.

Работоспособность блока была проверена на примере одного из крупных лесозаготовительных предприятий Северо-Западного региона РФ. В результате проведенного тестирования алгоритм и программное обеспечение доказали свою эффективность. При этом фонд согласованных с органами лесного хозяйства делянок на рассматриваемом предприятии составлял 129 штук. На данном предприятии в зависимости от сезона одновременно работает от 3 до 9 лесозаготовительных комплексов. Тестирование проводилось для различного числа комплексов (от 1 до 9) и для различных расчетных периодов (от одного месяца до года), охватывающих от 1 до 3 сезонов. Например, при распределении делянок между 5-ю лесозаготовительными комплексами на полугодовой период, включающий два сезона, время работы алгоритма на персональном компьютере Intel Core 2 CPU 6300 1,86 GHz 1 Гб составило около 5 минут. При этом были назначены в рубку 88 делянок из 129 потенциальных. В ручном режиме на это потребовалось бы не менее одного рабочего дня.

Таким образом, по результатам выполненной работы можно сделать вывод, что разработанная методика и реализующий ее программный блок позволяют достичь поставленной цели и автоматизировать синтез оптимальных лесозаготовительных планов с учетом особенностей конкретных лесных делянок, лесозаготовительных комплексов и обслуживающих их операторов, наличия и состояния лесной дорожной сети, сезонных ограничений и т. д.

Литература

- Герасимов Ю. Ю., Соколов А. П., Катаров В. К. 2011. Разработка системы оптимального проектирования сети лесовозных автомобильных дорог. Информационные технологии, 1 (68): 39-43.
- Герасимов Ю. Ю., Соколов А. П., Сүнёв В. С. 2008. Логистика лесозаготовок: программа поиска оптимального лесотранспортного плана. Лесная Россия, 5-6: 54-61.
- Кормен Т. Х., Лейзерсон Ч. И., Ривест Р. Л., Штайн К. 2005. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е изд. М.: Вильямс, 1296 с.
- Липский В. Комбинаторика для программистов: Пер. с польск. М.: Мир, 1988. 213 с.

- Соколов А. П., Герасимов Ю. Ю., Селиверстов А. А. 2009. Методика оптимизации парка автомобилей на вывозке сортиментов на основе имитационного моделирования в среде ГИС. Ученые записки Петрозаводского государственного университета 11 (105): 72-77.
- Соколов А. П., и Герасимов Ю. Ю. 2009. Геоинформационная система для решения оптимизационной задачи транспортной логистики круглых лесоматериалов. Известия высших учебных заведений «Лесной журнал» 3: 78-85.
- Соколов А. П., и Герасимов Ю. Ю. 2011. Методика принятия решений по оптимизации лесозаготовительных планов. Научный журнал Краснодарского Государственного Аграрного Университета 69(5): 320-334
- Cheriton D., Tarjan R. E. 1976. Finding minimum spanning trees. SIAM Journal on Computing, Vol. 5 (Dec.). с. 724–741.
- Gerasimov Y. Y., Sokolov A. P., Karjalainen T. 2008a. GIS-based Decision-Support Program for Planning and Analyzing Short-Wood Transport in Russia. Croatian Journal of Forest Engineering, Vol. 29, Issue 2. Zagreb: University of Zagreb, с. 163-175.
- Prim R. C. 1957. Shortest connection networks and some generalizations. Bell System Technical Journal 36: 1389–1401.

5 Лесные дороги

5.1 Введение

5.1.1 Предпосылки

Доступность лесов является необходимым условием их утилизации. Возможность добывать ресурсы, в данном случае древесину, и транспортировать ее к месту переработки и распределять дальше для потребителей, является важнейшим вопросом для любого промышленного предприятия. Деревья и сортименты объемны, тяжелы и имеют низкую стоимость на единицу объема, что является вызовом для лесного хозяйства. В России, также как и в Финляндии и в других странах Северной Европы, до Второй мировой войны вывозка древесины осуществлялась, в основном гужевым транспортом до ближайшего водного пути, по которому древесина сплавливалась к месту переработки или нижнему складу. Лесосечные работы проводились, главным образом зимой, так как снег и замершая почва обеспечивали лучшие транспортные условия.

В Финляндии развитие более эффективной автомобильной транспортировки в 50–60 годах, особенно с установкой на лесовозы гидравлических кранов, сделало вывозку древесины по автомобильным дорогам более выгодной по сравнению с водной транспортировкой. Механизация лесозаготовок также нуждалась в круглогодичной транспортировке, чтобы снизить капитальные затраты. Во многих случаях сплав может осуществляться только в периоды разливов весной, что не способствует постоянству грузопотока с лесосек. В результате, сеть лесных дорог существенно расширилась, а значительные инвестиции были сделаны в дорожное строительство. Сегодня Финляндия располагает достаточной протяженностью лесных дорог, исключая некоторые районы на севере. Плотность дорожной сети достигла, а местами и превысила, оптимальное значение.

5.1.2 Российские условия

На Северо-Западе России развитие в течение последних 50 лет отличалось от того, что происходило в Финляндии. Плотность дорожной сети значительно ниже. Исследование Mönkkönen (2008) показало, что общая плотность сети лесных дорог в Тихвинском районе составляет около 3 м/га, а протяженность лесных дорог, круглогодично доступных обычным автомобилям, составляет менее 1 м/га. Такая ситуация объясняется многими причинами, но основная причина – это сложности с введением более интенсивных лесохозяйственных практик (Karjalainen et al. 2009).

Тяжелые почвенные условия являются одной из причин, которые значительно усложняют строительство хороших дорог в районе. Глинистые грунты и похожие отложения преобладают во многих местах. Такие почвы имеют очень хорошую способность удерживать воду и во влажном состоянии почти превращаются в болото. Доступность хорошего гравия очень ограничена, и его транспортировка сопряжена с большими затратами.

Более двух третей дорог являются низкокачественными. Такие дороги обычно прокладываются бульдозером или похожей машиной. Машина выталкивает гумус и верхний слой почвы по сторонам дороги. При сухой погоде такая дорога может быть проезжей для полноприводных и даже обычных грузовых автомобилей, но при сырой погоде может использоваться только техникой повышенной проходимости.

В некоторых районах России применяется система промежуточной транспортировки между лесосекой и автомобильными дорогами. Такая промежуточная транспортировка выполняется шестиколесными грузовыми автомобилями повышенной проходимости, которые очень подходят для таких тяжелых дорожных условий (Рис. 5.1).



Рис. 5.1. Грузовые автомобили повышенной проходимости на лесной дороге в Тихвинском районе (Фото: Мёнккёнен).

Однако, такая транспортировка не бесплатна, затраты на нее были оценены почти равными затратам на транспортировку по хорошим дорогам, даже если на промежуточную транспортировку приходится незначительная часть дистанции вывозки (Mönkkönen 2008). Относительно высокие затраты объясняются небольшой грузоподъемностью (~15 тонн) и низкой скоростью по сравнению с лесовозами на хороших дорогах. Обычные методы расчета оптимальной плотности дорожной сети не учитывают возможность промежуточной транспортировки (Sundberg and Silversides 1988). Поэтому существует необходимость теоретически включить промежуточную транспортировку в расчеты плотности дорожной сети. Результаты представлены в главе 5.3.

5.1.3 Опытная территория

Для проведения исследования был выбран один опытный район. Похожие условия существуют во многих местах Северо-Запада России. Необходимые данные были предоставлены ЗАО «Тихвинский комплексный леспромхоз», принадлежащей компании UPM-Куммене. Производственной целью компании было снабжение высококачественной древесиной заводов UPM-Куммене в России и Финляндии. Компания арендовала 184 000 га лесов в восточной части Ленинградской области. Расположение опытной территории показано на Рис. 5.2.

Лесозаготовительный план утверждает расчетную лесосеку в 447 000 м³. Из этого объема в 2007 году могло быть заготовлено только 350 000 м³ из-за плохой сети лесных дорог (2007). Валка и обрезка сучьев на 85% осуществляется харвестерами и на 15% - вальщиками с мотопилами. Трелевка производится форвардерами. Вывозка древесины с лесосек по плохим дорогам обычно осуществляется автомобилями повышенной проходимости на



Рис. 5.2. Расположение опытной территории.

расстояние от 1 до 15 км к ближайшей дороге в хорошем состоянии, и затем древесина вывозится сортиментовозами на расстояние до 100 км к железнодорожному терминалу в Тихвине.

Были оцифрованы дорожная сеть с учетом качества дорог, лесные планшеты и сопутствующие данные. Были также изучены и добавлены на цифровую карту возможные источники гравия.

Для проведения исследования в разумные сроки было решено собирать данные не со всей арендной площади, а с участка лесов площадью 16 900 га. Проблемы поставок древесины и строительства дорог похожи в Тихвинском районе и во многих других частях Северо-Запада России. Низкая плотность и плохое состояние дорожной сети, высокие затраты на строительство дорог и транспортировку древесины являются распространенными проблемами в российском лесном хозяйстве (Karvinen et al. 2006).

5.1.4 Сбор данных

Для качественного планирования дорожной сети требуются адекватные и точные данные. Информация по лесонасаждениям, включая запас, породный состав, возраст, класс бонитета, возможное время заготовки, и т. д., является критичной для процесса планирования. Далее, для правильной оценки затрат на строительство дорог и транспортировку требуются данные по существующим дорогам, топографии, водному режиму, составу и влажности почв.

Однако доступность данных и их сбор являются одной из главных проблем российского лесного хозяйства. Во многих случаях данные в цифровой форме не доступны и требуется проделать много работы по оцифровке карт и переводу бумажных баз данных в цифровые. Учреждения, ответственные за планирование, создают цифровые данные, однако не всегда ясно, как их получить.

В данном исследовании была сделана попытка использовать данные из открытых источников и объединить эти данные с информацией лесоустройства. Kinnunen et al. (2007) на примере соседней Новгородской области продемонстрировали в своем исследовании недостаток точности и адекватности официальных данных. В некоторой степени мы можем проверить данные или, по крайней мере, показать, какие данные по лесам не точны.

5.1.5 Планирование

В идеале планирование дорожного строительства и лесозаготовок должны проводиться одновременно, чтобы минимизировать затраты и максимизировать прибыль. Создание дорожной сети на лесном участке требует больших инвестиций. Поэтому очень важно правильно разместить дороги для того, чтобы они могли служить разным лесохозяйственным задачам многие годы. Таким образом, долгосрочное планирование приобретает особую важность. В то же время затраты на строительство дорожной сети должны покрываться за счет прибыли с лесозаготовок. Поэтому планирование дорожного строительства и лесозаготовок имеет пространственные и временные аспекты. Было продемонстрировано (e.g. Dahlin and Sallnäs 1993), что планирование лесозаготовок может иметь большое влияние на общую фактическую стоимость и на прибыльность строительства дорог.

5.1.6 Цели

Целью данного исследования было улучшение знаний о методах дорожного планирования на Северо-Западе России. Для этого классическая оценка оптимальной плотности дорожной сети была расширена за счет включения дорог различных классов качества. Это предоставит

теоретическую основу для более детального планирования. Одной из наиболее больших проблем в любых видах лесного планирования в России является поиск адекватных и точных цифровых данных. В ходе предыдущего проекта (Mönkkönen 2008) было обнаружено, что нехватка цифровых данных является, возможно, одним из наибольших препятствий для любого вида компьютерного планирования. Российские данные трудно собирать, так как они или секретные или слишком дорогие, чтобы получить их от соответствующих органов. Таким образом, мы изучаем возможность сбора соответствующих данных из открытых источников. В результате, все эти усилия объединены в систему планирования дорожного строительства, лесозаготовок и вывозки древесины. Система должна подходить к определенным пространственным и временным условиям. Далее мы хотим сравнить различные дорожные и транспортные стратегии.

5.2 Оптимальная плотность дорожной сети

Строительство разветвленной дорожной сети требует значительных вложений и внимательного планирования. Плотная дорожная сеть снижает транспортные затраты, но повышает капитальные затраты (Рис. 5.3). Цель планирования достичь минимальных затрат на строительство дорог и вывозку древесины (Sundberg and Silversides 1988).

В тех районах, где строительство дорог сопряжено с высокими затратами, обычные лесные дороги могут быть частично заменены простыми лесными дорогами. Обычные сортиментовозы не могут использовать эти низкокачественные дороги, однако автомобили повышенной проходимости могут транспортировать древесину по простым дорогам от лесосек к обычным дорогам.

Мы разработали модель плотности дорожной сети, которая включает обычные и простые лесные дороги. Модель может использоваться для определения оптимальных плотности дорожной сети и расстояния вывозки. Применяемый оптимизационный метод направлен на то, чтобы аналитическим путем найти минимум функции затрат, которая объединяет затраты на строительство дорог и транспортировку древесины.

На Рис. 5.4 показано расположение в модели обычных и простых дорог. Различные типы дорог перпендикулярны друг другу. С территорий, расплoженных рядом с обычными дорогами, древесина трелюется прямо к ним. С более удаленных лесосек сортименты трелюются форвардерами к простым дорогам, где грузятся на автомобили повышенной проходимости и вывозятся к обычным дорогам. Расположение дорог в некоторой степени искусственное,

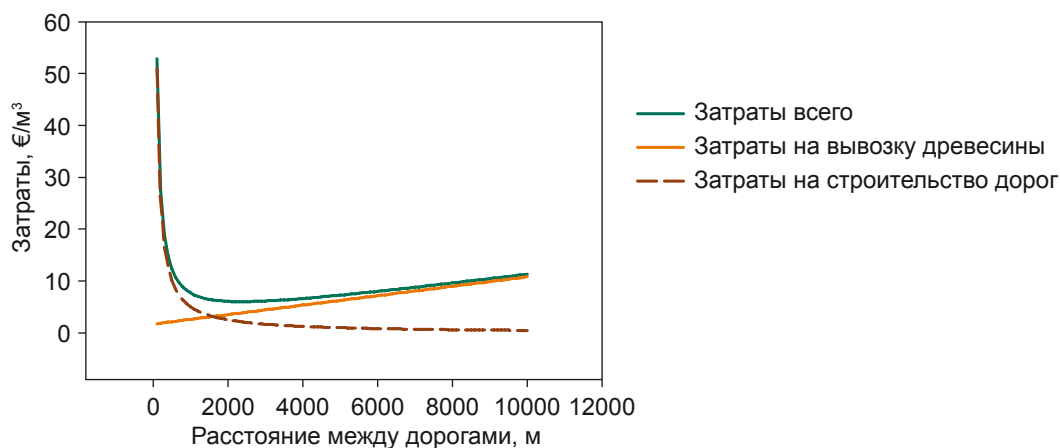


Рис. 5.3. Транспортные затраты и затраты на строительство дорог как функция от протяженности дорог. Общие затраты имеют минимум, который может быть определен с помощью оптимизационных средств.

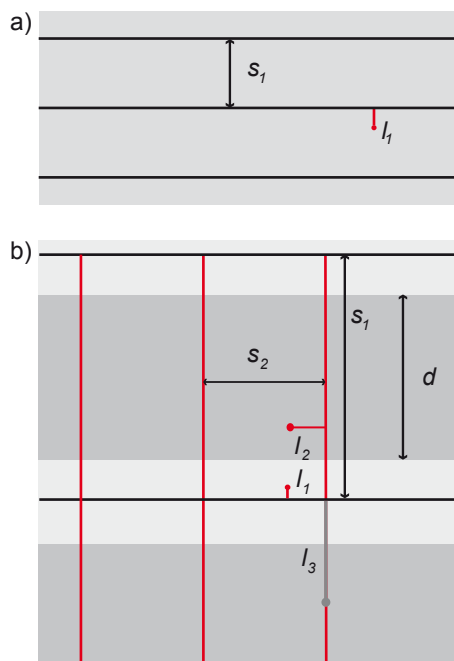


Рис. 5.4. а) Схематическое изображение дистанции вывозки древесины l_1 и дистанции между обычными дорогами s_1 . б) Изображение сети обычных и простых лесных дорог. С темно-серой площади древесина сначала трелюется к простым лесным дорогам (красные линии), затем вывозится к обычным лесным дорогам (черные линии). С светло-серой площади сортименты трелюются прямо к обычным лесным дорогам. l_1 – средняя дистанции до обычной дороги, l_2 – средняя дистанция до простой лесной дороги и l_3 – средняя дистанция вдоль простой лесной дороги. s_1 – дистанция между обычными лесными дорогами, s_2 дистанция между простыми дорогами. d – ширина площади, с которой сортименты трелюются к простым лесным дорогам.

так как оно не принимает во внимание характер рельефа. Однако, частично эффект рельефа учтен в модели через корректирующие факторы рельефа.

Модель была применена к большому участку лесов в Тихвинском районе на Северо-Западе России. Затраты на строительство 1 км обычной лесной дороги в этом районе составляют около 30 000 €. В Финляндии стоимость строительства дороги более приемлемая во многом из-за более благоприятных почвенных условий. Средние затраты на строительство лесной дороги в Финляндии составляют около 12 400 €/км (Peltola 2009). Альтернативой строительству обычных лесных дорог в Тихвинском районе служит создание простых лесных дорог, с затратами, равными 4 200 €/км (Mönkkönen 2008).

В соответствии с моделью простые лесные дороги и промежуточная транспортировка древесины являются незначительно более экономичной системой по сравнению с дорожной сетью, состоящей только из обычных лесных дорог (Рис. 5.5). В этом случае оптимальная плотность дорожной сети равнялась 3,2 м/га обычных дорог и 12,9 м/га простых лесных дорог. Если строить только обычные дороги, то оптимальная плотность дорожной сети равнялась бы 6,3 м/га. Для сравнения, оптимальная плотность дорожной сети в Финляндии составляет 10,5 м/га (Viitala and Uotila 1999).

5.3 Сбор данных для операционного планирования дорог

5.3.1 Введение

Хорошие планы требуют адекватных и точных данных. Однако, часто в России получить такие данные затруднительно. Мы обсуждаем и приводим примеры различных способов получения адекватных и точных лесохозяйственных данных и пространственных данных из существующих источников и Интернета.

Операционное лесохозяйственное планирование по всему миру основано на надежных данных лесной инвентаризации. Все российские леса, включая леса Северо-Запада России, производят значительные объемы биомассы, являющейся важным ресурсом для развития промышленности и социально-экономического развития. Ежегодно на Северо-Западе

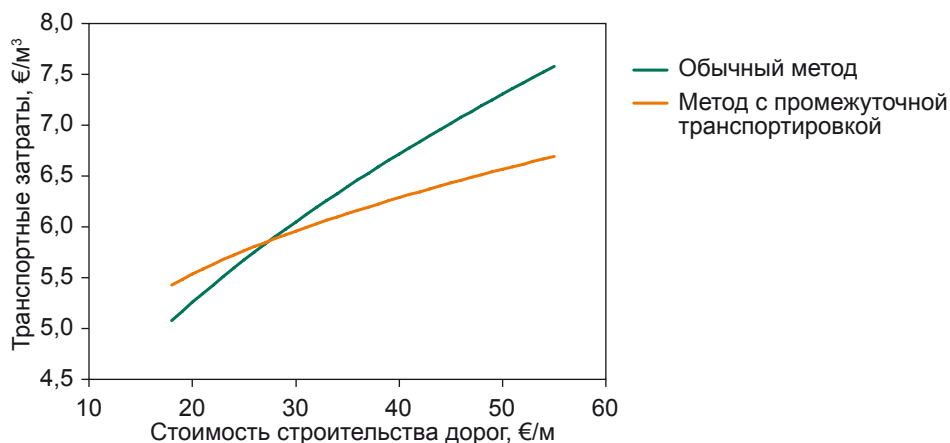


Рис. 5.5. Транспортные затраты для двух методов вывозки. В настоящее время метод вывозки древесины с промежуточной транспортировкой экономически немного более эффективен, но если будет возможным уменьшить стоимость строительства дорог на 2000 €/км, вывозка древесины по обычным дорогам станет экономически более эффективной.

России производится 35% от общего объема заготовки деловой древесины в России, 63% целлюлозы, бумаги и картона, 39% фанеры, и 27% пиломатериалов. Более того, лесной сектор является одним из наиболее важных работодателей в сельской местности, предоставляя 120 000 рабочих мест в промышленности и 35 000 в лесном хозяйстве (Gerasimov & Karjalainen 2006). Кроме того, лесное хозяйство и деревообрабатывающая промышленность являются ключевыми отраслями для многих регионов России.

Для операционного лесохозяйственного планирования и прогнозирующих среднесрочных сценариев лесоуправления необходимы различные данные лесной инвентаризации. Точные и адекватные данные способствуют эффективному и производительному использованию лесных ресурсов. Преобладающим методом инвентаризации лесов в России является визуальный метод. Подробная инвентаризация проводится в относительно доступных лесах, в которых запланированы лесохозяйственные мероприятия. Детальная наземная инвентаризация покрывает около 60% всех лесов государственного лесного фонда (Kukuev et al. 1997). Точность лесной инвентаризации была проверена в нескольких исследованиях, которые показали, что запас на корню недооценивается на 10–30%. Отклонение в суммарных данных на уровне лесхоза составляли 5–15%. Исследование, проведенное научными сотрудниками Европейского Института Леса в Новгородской области России, показало, что недооценка запаса составляла 13,4% (Kinnunen et al. 2004). Соответствующая среднеквадратическая ошибка равнялась 32,4% для 179 выделов (Kinnunen et al. 2004).

5.3.2 Данные и методы

Использованная в этом исследовании растровая карта государственной инвентаризации лесов покрывала арендованные леса в Тихвинском районе (Рис. 5.6). Инвентаризация была проведена в 2006 с использованием аэрофотоснимков и визуальной оценки насаждений за 2005 год. Строительство новых лесных дорог было запланировано с 2010 года. Поэтому запас и возраст насаждений были обновлены с использованием местных таблиц хода роста и запасов. Масштаб оригинальных картографических материалов был равен 1:25 000. Эти данные, включающие, например, возраст и размеры деревьев, были оцифрованы для получения набора векторных полигонов. Однако исходные данные были собраны в ходе упрощенной инвентаризации, которая применяется в России, когда не считается нужным проводить детальный учет. Упрощенная инвентаризация включает ограниченное число пробных

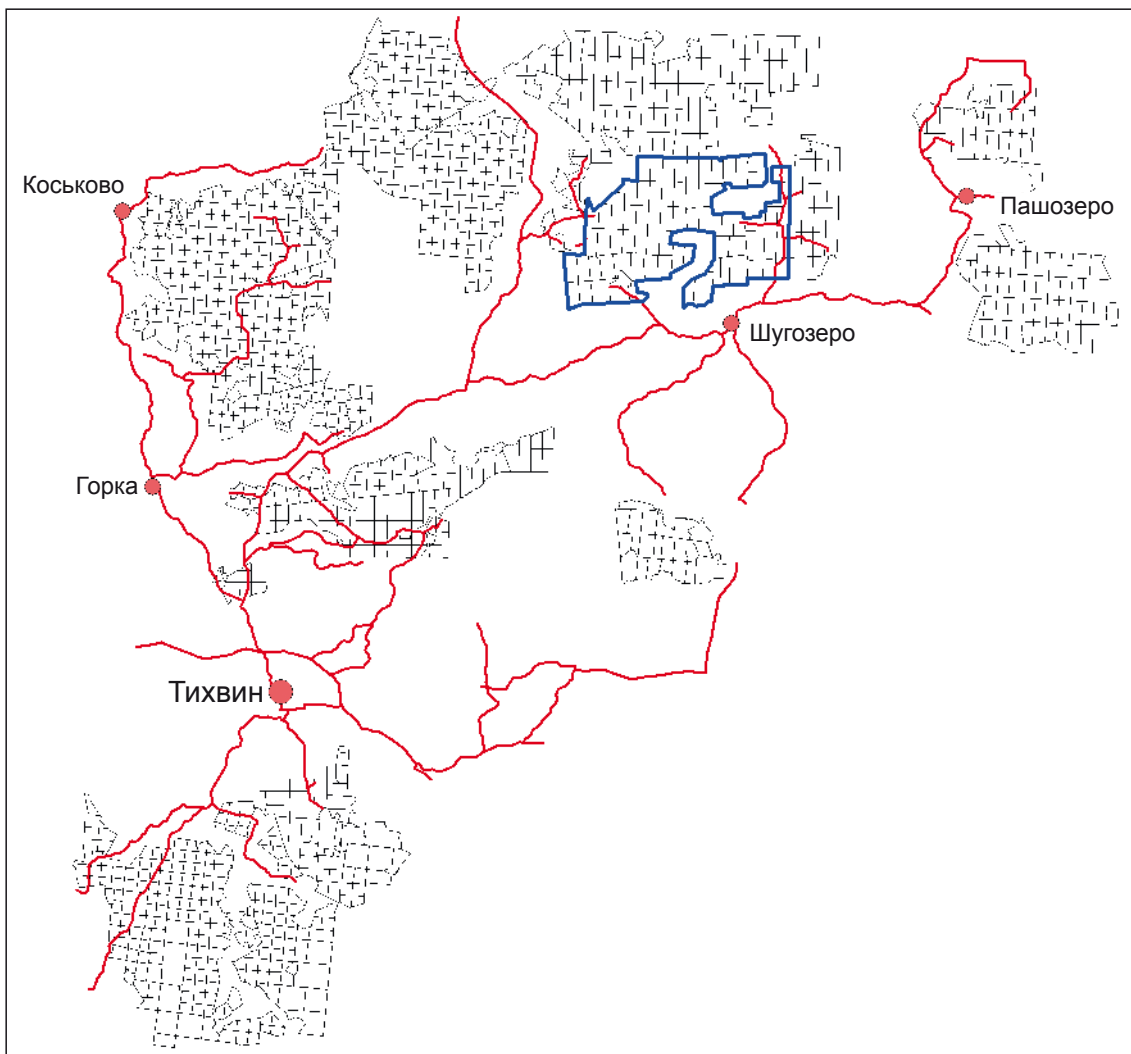


Рис. 5.6. Опытный участок в Тихвинском районе (арендованная лесная площадь в Ленинградской области).

площадей и состоит из комбинированной расшифровки спутниковых и аэрофотоснимков (Kukuev et al. 1997). Полученные данные были перепроецированы из поперечной проекции Меркатора UTM 36 N. Одним из наиболее важных параметров для планирования лесных дорог является запас древостоев. Для обновления данных о фактических запасах были использованы фотографии со спутников Landsat и метод эталонных пробных площадей. Спутниковые фотографии были получены от трех основных источников: USGS Global Visualization Viewer (<http://glovis.usgs.gov>), USGS Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>) и Global Land Cover Facility (GLFC), University of Maryland (<http://www.landcover.org/portal/geocover/>). Фактически были доступны многочисленные снимки, но многие из них имели ограничения в виде наличия на снимках облаков или цифрового шума. Снимок Landsat TM от 10.08.2009 использован для обновления данных лесной инвентаризации.

Для обеспечения максимального разделения между классами была проведена контролируемая классификация с обучением с использованием 200 обучающих точек. Контролируемая классификация является времязатратным методом и требует опыта, но все еще остается одним из ключевых методов. Алгоритм максимального правдоподобия с равной вероятностью был применен из-за его эффективности в случаях, когда обучающие точки хорошо распределены по снимку. Выбор обучающих точек был сделан с помощью снимков высокого

разрешения, полученных со спутника QuickBird и других вспомогательных данных. Шесть диапазонов использовались при классификации: R, G, B, NIR, M1R1, M1R2. Инфракрасный диапазон был исключен из классификации. Классификация проводилась в два шага: вначале вся территория делилась на 4 класса – лес, водные объекты, городские территории и другие неклассифицированные типы ландшафта. На втором шаге три класса, за исключением леса, были интегрированы в один нелесной класс. Для калибровки пробных площадей для обучения классификатора использовались снимки высокого разрешения со спутников QuickBird, представленных в Google Earth™.

5.3.3 Результаты и обсуждение

Для обновления инвентаризационных данных по запасу была пересчитана карта распределения запасов и исключены нелесные площади (Рис. 5.7). Для этой цели использовался k-NN метод, который применим, если доступны большие объемы полевых данных. Этот же метод использовался для инвентаризации лесов в Финляндии (Tomppo et al. 2008).

Для картирования запаса и породного состава в каждой точке снимка Landsat был использован метод эталонных пробных площадей (ЭПП). Этот метод является взвешенным на расстояние k-NN эстиматором, который позволяет одновременно интерпретировать несколько переменных. (Tokola et al. 1996; Tomppo and Halme 2004). Программа REFE (доступна по адресу: <http://www.mm.helsinki.fi/GIS/Refe/index>) была использована для ЭПП метода, чтобы получить запас и породный состав для снимка Landsat TM.

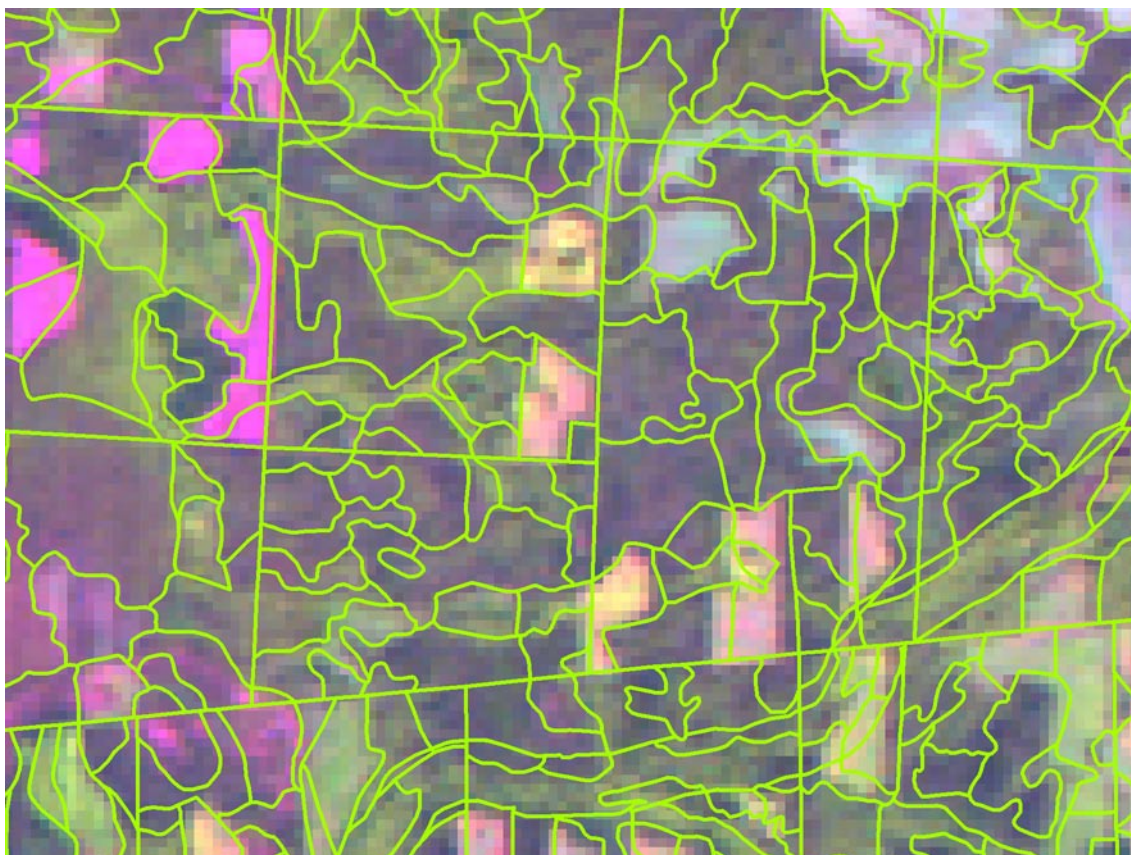


Рис. 5.7. Лесные выделы с аэрофотоснимка 2005 года, наложенные на снимок со спутника Landsat TM, полученного 10.08.2009. Розовый цвет – сплошные рубки 2009 года, желтый – сплошные рубки 2007–2008 годов.



Рис. 5.8. Пространственное распределение запаса на части опытного участка.

Из данных инвентаризации лесов было выбрано 5433 полигона с атрибутом «естественный лес». Используя карту почвенного покрова Landsat, полигоны с изменениями после 2005 года были исключены (сплошные рубки и молодняки). Далее были определены центральные точки полигонов, и использовался k-NN метод для оценки запаса и породного состава. Тестирование показало, что точность может быть повышена путем размещения добавочных точек рядом с центрами полигонов. Поэтому их число в пределах полигонов было увеличено на 5. Добавочные точки были систематически размещены вокруг центральной точки полигона в пределах 80 м, что рассматривалось как случайный процесс. Атрибуты полигонов были перенесены на точки с использованием анализа наложения. В целом в качестве обучающего набора было использовано 9087 точек. Из них 2372 полигона были выбраны в качестве тестового набора. Для каждого полигона тестового набора с использованием анализа наложений были просуммированы значения, предсказанные для каждого пиксела k-NN методом. Затем полигоны инвентаризации леса были обновлены, используя значения запаса, рассчитанные по k-NN методу (Рис. 5.8).

Подробные топографические данные не были доступны для опытного участка, так как такие данные имеют в России секретный статус. Для планирования строительства дорог использование цифровых моделей рельефа является одной из основных возможностей избежать проблем с затоплением будущих дорог водой. Для создания детальной цифровой модели рельефа арендованных лесов были использованы свободно распространяемые данные, полученные в ходе топографической радарной миссии космического шаттла США (TRMШ) (Рис. 5.9). Данные доступны для скачивания с <http://dds.cr.usgs.gov/srtm/>.

Объединение обновленных данных инвентаризации лесов, цифровой модели рельефа и раstra с разрешением в 90 метров позволило получить модель водоразделов и модель накопления воды. Эти модели были использованы при планировании строительства дорог для того, чтобы избежать эрозии дорог.

Данные удаленного наблюдения земной поверхности предоставляют практические инструменты для картографирования и оперативного мониторинга растительного покрова. (Norjamäki & Tokola 2007). Использование снимков Landsat было привлекательным, так как эти снимки недорогие (Burnett et al. 2003), а недавно стали бесплатными и могут эффективно использоваться (USGS 2009) для обновления данных лесной инвентаризации. Полученные результаты показывают, что существующие пространственные данные лесной инвентаризации могут быть быстро обновлены используя свежие снимки Landsat TM. Для картографирования площадей сплошных рубок и лесных пожаров наиболее эффективными были спектральные данные, представленные коротковолновым участком инфракрасного

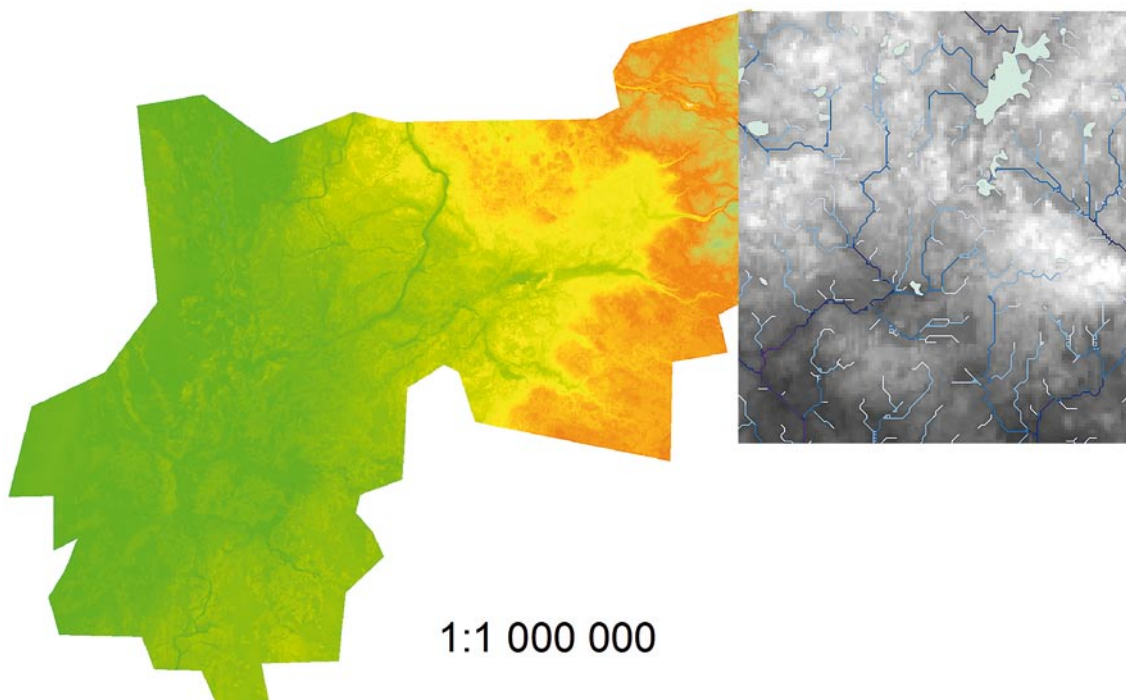


Рис. 5.9. Часть цифровой модели рельефа для арендованных лесов (слева) и пример модели накопления воды, построенной на данных ТРМШ (справа) .

спектра (например, Landsat диапазон 5). Анализ свежих спутниковых данных и последующее обновление российских данных лесной инвентаризации позволило устранить 73% недостоверности для целей планирования лесозаготовок.

5.4 Система планирования дорожной сети

5.4.1 Введение

Целью данного исследования было определить, какая из стратегий строительства дорог и вывозки древесины будет наиболее прибыльной в условиях Северо-Запада России: лучше развивать промежуточную транспортировку древесины или инвестировать в строительство дорожной сети хорошего качества. Другой целью было определить структуру затрат и сравнить затраты по шести сценариям лесопользования. Третьей целью этого исследования было представить инструменты и средства для тактического лесохозяйственного планирования в условиях Северо-Запада России.

5.4.2 Данные и методы

5.4.2.1 Система планирования

Была разработана геоинформационная система планирования и оценки затрат. Система призвана помочь в рациональном планировании лесных дорог и оценке транспортных и строительных затрат на тактическом уровне планирования. Общая структура системы представлена на Рис. 5.10.

Разработанная система – это процесс, который начинается с определения целей и ограничений для каждого сценария и продолжается шаг за шагом через планирование, оценку и ГИС-анализ, и заканчивается оценкой общих затрат для конкретного сценария. В

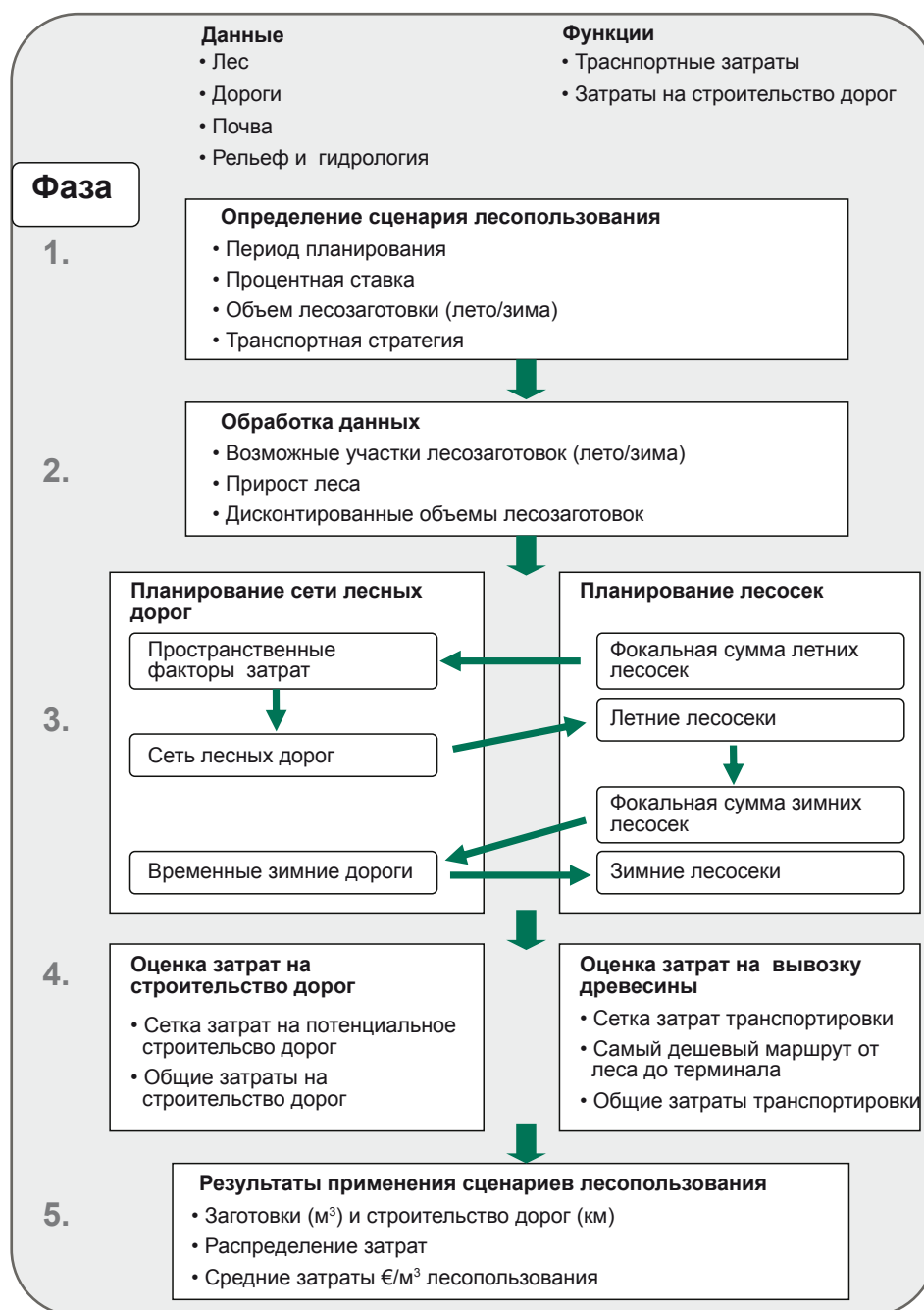


Рис. 5.10. Общая структура системы планирования лесозаготовок и строительства дорог.

основе системы лежат данные и функции. Данные включают: информацию о насаждениях, дорогах, рельефе и почве. Функции включают: модели роста древостоев, функции затрат для вывозки древесины и строительства дорог. Система использует следующие программы ArcGIS, MapInfo и Microsoft Excel. Основные процессы планирования и весь ГИС-анализ были выполнены в ArcGIS.

Первая фаза в процессе – определение деталей сценария. Это включает определение периода планирования, процентной ставки, объемов заготовки для периода планирования, соотношения зимних и летних лесосек и разработку транспортной стратегии.

Вторая фаза состоит в обработке данных инвентаризации лесов. Из этих данных выбираются возможные участки лесозаготовок, которые разделяются на зимние и летние лесосеки. Также возможные участки лесозаготовок распределяются по периоду планирования соответственно возрасту насаждений. Деревья произрастают на возможных участках лесозаготовок до возможного времени заготовки. Затем объемы сбрасываются до сегодняшнего уровня для оценки текущей стоимости будущих лесосек.

Третья фаза включает планирование сети лесных дорог и лесосек. Основные цели планирования дорог состоят в максимизации объемов древесины летних лесосек в зоне влияния сети лесных дорог и в минимизации затрат на строительство дорог. Планирование дорожной сети оптимизирует обе эти цели. Для планирования визуализируются объемы древесины, доступные для заготовки и пространственные факторы, влияющие на стоимость строительства дорог. После планирования дорожной сети летние лесосеки распределяются по зоне влияния дорожной сети. Вне этой зоны распределяются только зимние лесосеки, к которым планируются только временные зимние дороги. Зона влияния дорожной сети - это территория, прилегающая к лесной дороге, к которой возможна трелевка древесины форвардером.

Четвертая фаза заключается в оценке затрат на вывозку древесины и строительство дорог, которые соответствуют каждому сценарию лесопользования. Затраты оцениваются с помощью сетки затрат с ячейкой размером 30 x 30 м. Затраты на вывозку 1 м³ древесины оцениваются для каждой ячейки. Транспортные затраты по ячейкам меняются от дорогой трелевки к дешевой перевозке по асфальтированным дорогам. Для каждой лесосеки оценивается самый дешевый маршрут вывозки древесины на основе сетки затрат от леса до железнодорожного терминала. В рамках периода планирования общие транспортные затраты оцениваются как сумма затрат на вывозку древесины с каждой лесосеки. Стоимость строительства дорожной сети также рассчитывается по сетке затрат, для которой определяются затраты на строительство дороги по каждой ячейке. Значения затрат копируются с сетки на полилинейные дорожные объекты. Общая стоимость дорожного строительства определяется суммированием значений затрат для полилиний.

Пятая и последняя фаза состоит в выводе результатов применения сценариев лесопользования. Результаты включают заготовленные объемы, расположение лесосек и дорог, распределение затрат и значений показателей, которые описывают прибыльность. Для сравнения разных сценариев лесопользования наиболее важными являются средние затраты по сценарию.

С использованием этой системы было разработано 6 сценариев лесопользования. Основным результатом данного исследования было сравнение оценок, предоставленных системой после применения каждого сценария лесопользования.

5.4.2.2 Почвы и гидрология

В исходных данных инвентаризации леса почвы характеризовались в соответствии с классификацией Погребняка, в которой плодородие почвы меняется от А до D, а влажность от 1 до 5, и вместе эти факторы составляют 20 комбинаций (Pogrebnyak 1955). Для удобства дорожного строительства почвенная классификация была упрощена до 3 классов. Первый класс включает сухие и бедные песчаные почвы, которые предполагают простое и дешевое дорожное строительство. Второй класс состоит из влажных почв, обычно глинистых грунтов, которые сложны для строительства дорог. Третий класс включает влажные почвы, обычно торфяные и мокрые глинистые грунты, на которых строить дороги сложно и очень дорого.

Перепады высот в Тихвинском районе довольно небольшие, топография равнинная или умеренно холмистая. В районе нет крутых склонов, затрудняющих строительство дорог или

заготовку древесины. Однако, информация о небольших перепадах высот все равно полезна для планирования дорожной сети. С гидрологической точки зрения наилучшими местами для лесных дорог являются водоразделы, где вода движется от придорожной территории, а понижения должны избегаться. Более того, гидрологическая модель была использована для оценки накопления воды. Были показаны ручьи и реки, а также оценены затраты на прокладку дренажных труб или мостов.

5.4.2.3 Функции затрат

Транспортировка

Определение переменных и постоянных затрат для трелевки, промежуточной транспортировки древесины и вывозки сортиментов потребителям было важной частью данного исследования. Точное определение этих параметров потребовало бы отдельного исследования, которое, в случае транспортных затрат, включало бы подробный хронометрический анализ. В данном исследовании не было возможности глубоко анализировать эти вопросы. Вместо этого использовались данные из литературы, опыт практического лесного хозяйства на рассмотренной территории и базовые методы расчета затрат.

Для расчета затрат на трелевку была модифицирована с учетом условий Тихвинского района модель трелевки форвардером, разработанная Nurminen et al. (2006). В случае вывозки древесины автомобилями по обычным дорогам использовалось исследование Nurminen and Heinonen (2007), адаптированное под Северо-Запад России, где более сложные дорожные условия и меньшая средняя скорость движения. Время движения было оценено отдельно для лесных дорог и асфальтированных или очень хороших гравийных дорог. Стоимость эффективного машино-часа для автомобилей равнялась 59,6 €/ч, затраты на погрузочно-разгрузочные операции и простои равнялись 48,0 €/ч. Предполагалось, что полная загрузка сортиментовоза равна 48,4 м³.

Результаты хронометрических замеров для автомобилей повышенной проходимости не опубликованы. Для решения этой проблемы функция затрат времени для обычных сортиментовозов была адаптирована для вездеходов. Автомобили повышенной проходимости похожи по многим параметрам на обычные сортиментовозы и отличаются от них меньшей грузоподъемностью, более низкой закупочной ценой и хорошей производительностью в сложных дорожных условиях. Выбранный подход не является наилучшим, однако дает приемлемые результаты. Для расчетов грузоподъемность автомобилей повышенной проходимости была принята равной 15 м³, а стоимость эффективного машино-часа равной 30 €/ч.

Строительство дорог

Строительство лесных дорог означает создание новых дорог и улучшение старых. Новые лесные дороги разделяются на новые обычные лесные дороги, новые простые дороги и зимние дороги.

Для оценки затрат на строительство дорог использовались результаты исследования, выполненного Mönkkönen (2008), в котором приводятся примеры затрат на дорожное строительство на Северо-Западе России. Стоимость материалов, работ и нормативы по конструкциям дорог были взяты из этого же исследования. Изначально нормативы для обычных лесных дорог были взяты из финских инструкций (Metsäteho 2001).

Дорожные нормативы приводятся по почвенным классам, потому что конструкция лесной дороги зависит от почвенных условий. Также по почвенным классам делятся постоянные и переменные затраты на строительство дорог. Постоянные затраты на строительство обычных лесных дорог включают стоимость работы экскаватора и дренажных труб, а для

сложных почвенных условий еще и стоимость геотекстиля или укрепления дорожной основы. Укрепление дорожной основы обычно делается из дешевых осиновых бревен. Переменные затраты начисляются при создании гравийного дорожного покрытия. Стоимость гравийного покрытия зависит во многом от расстояния до гравийного карьера.

Стоимость простых лесных дорог была оценена таким же образом, как и стоимость обычных лесных дорог, исключая переменные затраты, так как отсутствовало гравийное покрытие. Дорожное основание создается бульдозером, а не экскаватором. Простые лесные дороги делаются настолько дешевыми, насколько это возможно, но в сложных почвенных условиях необходимо дорогое укрепление дорожного полотна осиновыми бревнами.

Расчет затрат на строительство дорог включает также два фактора из модели накопления воды и модели водоразделов. Основываясь на стоимости работы бульдозера, затраты на строительство зимних дорог были определены на уровне 3000 €/км в любых условиях.

5.4.2.4 Сценарии лесохозяйственной стратегии

В системе планирования и оценки затрат первым шагом является определение сценариев лесопользования. Для опытной территории было создано шесть реалистичных сценариев с различными стратегиями для сравнения затрат на строительство дорог и транспортировку древесины (Таблица 5.1). Для существующей транспортной стратегии (А), в соответствии с которой большая часть заготовленной древесины транспортируется в три шага (трелевка, промежуточная транспортировка и вывозка потребителям), было разработано три сценария. Другие три сценария были выработаны для транспортной стратегии (В), по которой транспортировка древесины осуществляется в два шага (трелевка и вывозка потребителям) без промежуточной транспортировки, что означает отсутствие необходимости в простых лесных дорогах.

Сценарии были разработаны для разной интенсивности лесопользования. В изученном районе из-за плохого состояния дорожной сети не хватало летних лесосек. Строительство лесных дорог улучшит доступность лесосек летом, что позволит вести более интенсивное лесопользование круглый год. В разработанных сценариях подразумевалось три варианта соотношения летних/зимних лесосек: 50%/50% (1), 60%/40% (2) и 70%/30% (3). Комбинируя транспортные стратегии (А или В) и варианты соотношения летних/зимних лесосек (1, 2 или 3) были получены сценарии лесопользования (А1, А2, А3, В1, В2 и В3).

За исключением транспортных стратегий и соотношений летних/зимних лесосек, остальные факторы, влияющие на рассчитываемые затраты, были признаны равнозначными. Период планирования был установлен равным 20 годам, а значение процентной ставки равным 3%. Для всех рассмотренных сценариев объем ежегодной заготовки был приблизительно равен 85 000 м³ или в среднем для всей опытной территории 5,0 м³/га.

Таблица 5.1. Сценарии лесопользования, рассмотренные в исследовании. Сценарии отличаются транспортными стратегиями (А или В) и соотношением летних/зимних лесосек (1–3).

Сценарий	Транспортная стратегия	Летние лесосеки	Зимние лесосеки
А1	3-шаговая	50%	50%
А2	3-шаговая	60%	40%
А3	3-шаговая	70%	30%
В1	2-шаговая	50%	50%
В2	2-шаговая	60%	40%
В3	2-шаговая	70%	30%

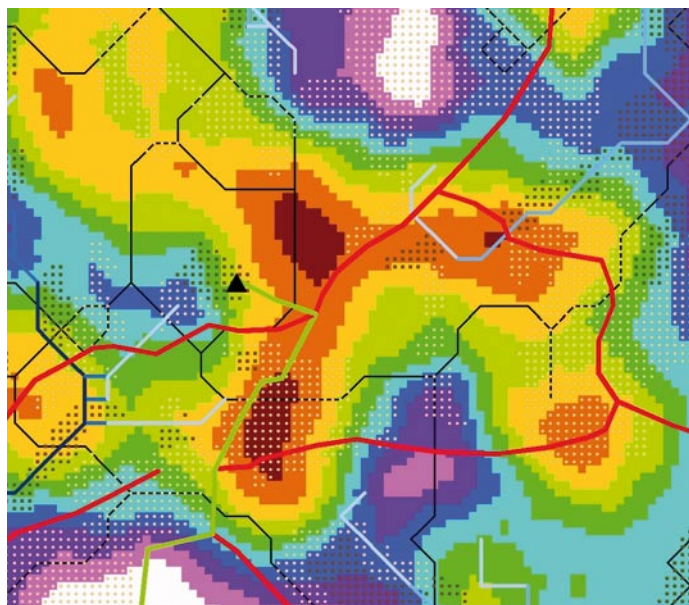


Рис. 5.11. Картографическое представление планирования лесных дорог. План включает фокальную сумму объемов, доступных для заготовки (высокие запасы показаны коричневым и желтым цветами), существующие обычные лесные дороги (зеленые линии) и простые лесные дороги (красные линии) и пространственные факторы, влияющие на затраты на дорожное строительство. Показаны благоприятные пространственные факторы, удешевляющие строительство дорог (песчаные почвы – желтые точки, водоразделы – черные линии, короткие расстояния до гравийных карьеров – черные треугольники) и неблагоприятные факторы, удорожающие строительство дорог (мокрые глинистые торфяные почвы – коричневые точки, водные потоки – синие линии).

5.4.2.5 Планирование лесозаготовок и строительства дорог

Планирование сети лесных дорог и лесосек осуществлялось шаг за шагом, начиная с планирования дорожной сети и определения летних лесосек и заканчивая планированием сети зимних дорог и определением зимних лесосек. Сеть лесных дорог была спланирована в виде карты, на которой отображалась фокальная сумма (операция MapAlgebra, которая суммирует переменные соседних пикселей) потенциальных летних лесосек и пространственные факторы затрат (Рис. 5.11). В каждом сценарии лесные дороги планировались в количестве, необходимом для заготовки установленного на лето объема древесины. В пределах запланированной дорожной сети были определены летние лесосеки. После этого оставшиеся лесосеки были обозначены как зимние делянки. Для зимних лесосек была визуально представлена фокальная сумма, чтобы запланировать зимние дороги к концентрациям запаса древесины. При планировании сети зимних дорог пространственные факторы, влияющие на затраты не принимались во внимание из-за благоприятных условий в течение зимнего периода. Фактически зимние лесосеки были выбраны в зоне влияния запланированной дорожной сети на основе планирования зимних дорог.

5.4.3 Результаты и обсуждение

Основные результаты данного исследования представлены в Таблице 5.2. В сценариях А1 и В1 обозначенный объем заготовки древесины в течение 20 лет составил приблизительно 1,2 млн м³, а в сценариях А2, А3, В2, В3 около 1,3 млн м³. Сценарии А1 – А3 сделаны для 3-шаговой транспортировки древесины, а сценарии В1 – В3 для 2-шаговой транспортировки. Минимальные вложения в дорожное строительство были в сценарии А1. В сценариях А2 и А3 запланировано строительство как обычных, так и простых лесных дорог. В сценариях В1 – В3 запланировано строительство только обычных лесных дорог. Все сценарии подразумевают строительство зимних дорог.

Существующая плотность дорожной сети (сценарий А1) гораздо ниже теоретической оптимальной плотности дорожной сети для Тихвинского района. Оптимальная плотность дорожной сети равна 6,3 м/га, если строятся только обычные лесные дороги, в случае когда строятся как обычные, так и простые лесные дороги, оптимальная плотность равна

3,2 м/га для обычных и 12,9 м/га для простых лесных дорог (глава 5.2). Теоретический оптимум плотности дорожной сети для Тихвинского района основывается на несколько меньшем значении годовой заготовки древесины (4,5 м³/га), чем для территории данного исследования (5,0 м³/га), таким образом, только в сценарии В3 достигается оптимальная плотность. В случае 2-шаговой вывозки древесины (сценарии В1 – В3) простые лесные дороги используются только как зимние дороги (Таблица 5.3).

Карты запланированных рубок и дорог являются одним из результатов исследования. На Рис. 5.12 приводятся примеры таких результатов для двух сценариев.

Таблица 5.2. Основные результаты проанализированных сценариев.

Сценарий	Летние/ зимние лесосеки, %	Объем на летних лесосе- ках, м ³	Объем на зимних лесосе- ках, м ³	Общий объем заготовки, м ³	Улучшение лесных дорог, км	Новые лесные дороги, км	Новые простые лесные дороги, км	Новые зимние дороги, км
A1	50/50	621 000	598 000	1 219 000	0,0	0,0	0,0	48,4
A2	60/40	811 000	528 000	1 339 000	8,0	4,7	15,4	55,0
A3	70/30	939 000	404 000	1 343 000	8,5	6,8	33,9	42,0
B1	50/50	620 000	617 000	1 237 000	10,4	16,7	0,0	34,5
B2	60/40	809 000	530 000	1 339 000	22,7	31,6	0,0	48,2
B3	70/30	942 000	401 000	1 343 000	27,9	45,0	0,0	37,0

Таблица 5.3. Плотность дорожной сети в конце периода планирования (20 лет) для разных сценариев.

Сценарий	Обычные лесные дороги, м/га	Простые лесные дороги, м/га
A1	2,4	4,0
A2	3,1	4,4
A3	3,3	5,5
B1	4,0	(3,3)
B2	5,6	(2,6)
B3	6,7	(2,3)



Рис. 5.12. Сценарии А1 и В1, 50% летних (желтые участки) и 50% зимних лесосек (голубые участки). В этих сценариях обезличенный объем заготовленной древесины за 20 лет составил 1 200 000 м³. В сценарии А1 вывозка древесины осуществляется по простым лесным дорогам (красные линии) и обычным лесным дорогам (зеленые линии) и зимой также по зимним дорогам (синие линии). В сценарии В1 дорожная сеть включает только обычные и зимние дороги. Сеть лесных дорог соединена с асфальтированными дорогами общего назначения (темно-зеленые линии).

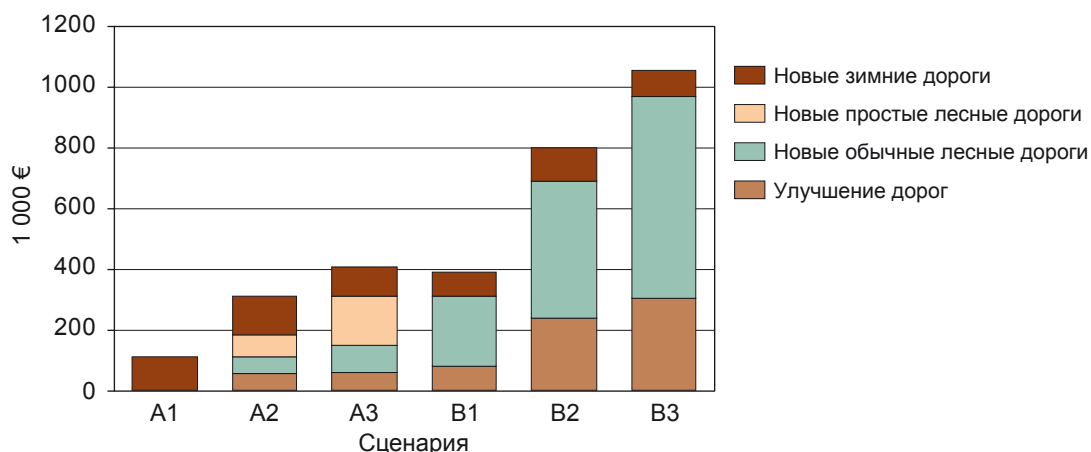


Рис. 5.13. Затраты на дорожное строительство для рассмотренных сценариев в пределах периода планирования (20 лет).

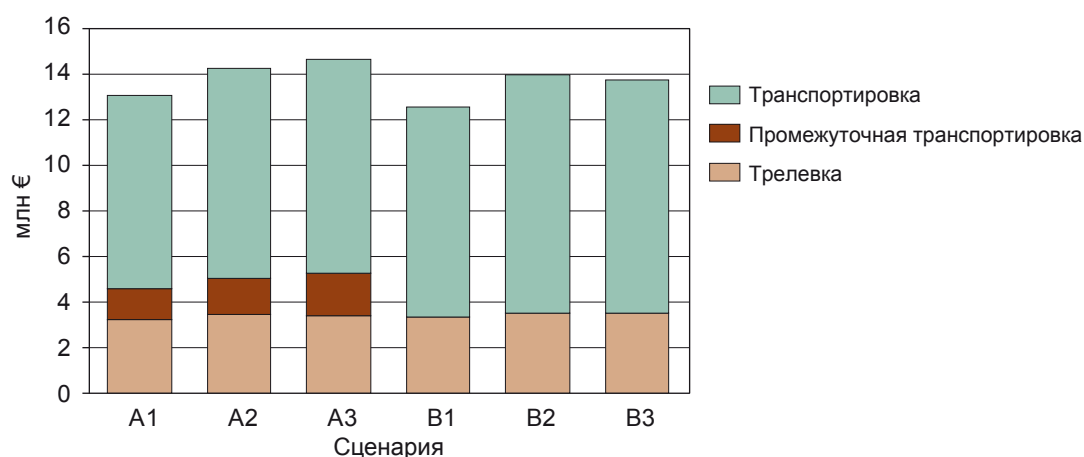


Рис. 5.14. Затраты на трелевку и транспортировку древесины по сценариям в рамках периода планирования (20 лет).

Рассмотренные сценарии значительно отличаются по общим обезличенным затратам на дорожное строительство в течение 20 лет (Рис. 5.13). В сценариях В2 и В3 общие затраты на строительство дорог составили приблизительно 1 000 000 €. В сценариях А2, А3 и В1 затраты на дорожное строительство находятся в пределах 300 000–400 000 €. В сценарии А1 затраты составляют только 100 000 €. В сценариях В1 – В3 основная часть затрат приходится на строительство новых лесных дорог. В сценариях А1 – А3 основные затраты приходятся на строительство зимних и простых лесных дорог.

Средние затраты на строительство обычной лесной дороги меняются от 15 200 до 19 400 €/км, а затраты на улучшение дорог составляют в зависимости от сценария 9 000–14 300 €/км. В сценариях с небольшими вложениями в дорожное строительство дороги, в основном, запланированы к ценным участкам, что объясняет меньшие средние затраты. Средние затраты на строительство простой лесной дороги равны 6 200 €/км. Стоимость строительства зимних дорог для каждого сценария была принята равной 3 000 €/км.

По сравнению с затратами на строительство дорожной сети, стоимость транспортировки древесины за 20 лет очень высока (Рис. 5.14). Транспортные затраты находятся в пределах от 12 600 000 до 14 600 000 €. По существу, большие расходы на вывозку древесины вызваны

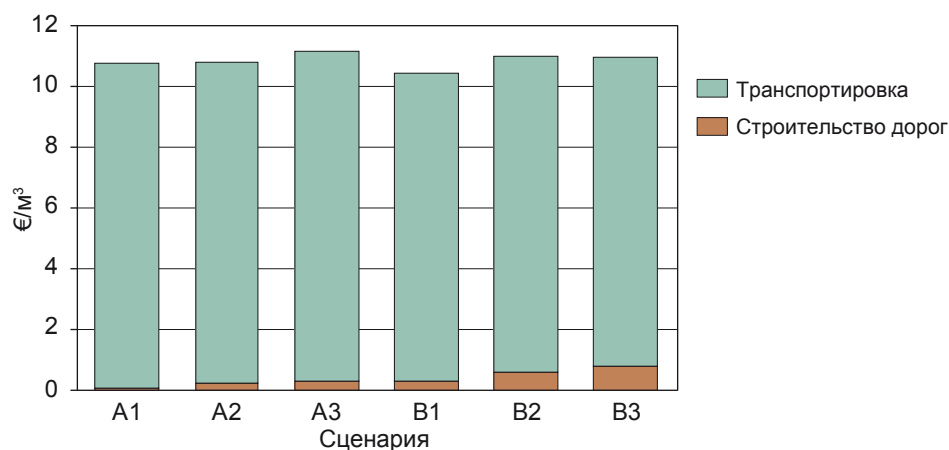


Рис. 5.15. Средняя совокупная стоимость транспортировки и строительства дорог для сценариев периода планирования (20 лет).

ее значительным объемом (1,2–1,3 млн м³ в зависимости от сценария), а транспортировка такого объема древесины из леса к терминалу действительно является весьма затратной операцией. Стоимость трелевки примерно одинакова для всех сценариев из-за одной и той же дистанции трелевки (700 м). Разница между сценариями вызвана затратами на транспортировку древесины сортиментовозами (от 8,5 до 10,2 млн €) и затратами на промежуточную транспортировку (от 1,3 до 1,9 млн €, исключая сценарии В1 – В3, в которых такой операции нет). По сравнению с совокупными затратами стоимость промежуточной транспортировки незначительно увеличивает затраты в сценариях А1 – А3. Относительно низкие затраты на промежуточную транспортировку древесины объясняются небольшим объемом древесины, вывозимой в 3 шага. В сценарии А2 только 14% заготовленной древесины вывозится по 3-шаговой системе, остальной объем вывозится по 2-шаговой системе. В сценарии А1 - 27% и в сценарии А3 - 33% заготовленной древесины транспортируется по 3-шаговой системе.

Величина средних затрат на 1 м³, вероятно, является наилучшим показателем для сравнения сценариев. Результаты проведенных расчетов показывают, что между сценариями нет большой разницы (Рис. 5.15). Для каждого из рассмотренных вариантов средние затраты равны приблизительно 11 €/м³ (от 10,5 до 11,2 €/м³). По сравнению с затратами на транспортировку древесины, затраты на дорожное строительство довольно низкие (0,1–0,8 €/м³).

Стоимость содержания дорог не включена в затраты на дорожное строительство, что означает небольшую недооценку общей стоимости дорожной сети. Большинство возможных лесосек представлены спелыми насаждениями уже в начале периода планирования, а спелые насаждения назначаются в рубку в рамках первого заготовительного периода (с 2011 по 2016 год), поэтому транспортные затраты завышены. Такое разделение было сделано, учитывая то, что вырубать все спелые насаждения в пределах первого лесозаготовительного периода нет смысла, однако все спелые древостои были учтены как «возможные лесосеки для первого заготовительного периода». Если бы планирование лесозаготовок в рамках 20-летнего периода планирования осуществлялось более равномерно, то обезличенные затраты на вывозку древесины были бы меньше.

Данное исследование не предоставило убедительных результатов, позволяющих указать, какая из рассмотренных транспортных систем, 2-шаговая или 3-шаговая, лучше. В любом случае, если нет экономических причин использовать 3-шаговую систему, предпочтительней выглядит 2-шаговая система. Лучшая дорожная сеть и 2-шаговая система

вывозки древесины позволяет транспортировать древесину быстрее и избежать рисков, связанных с неопределенностями и сложностью логистической цепочки. Лесозаготовительные и лесохозяйственные операции проще и дешевле выполнять рядом с сетью дорог хорошего качества, чем в случае, когда лесосеки доступны только через сеть простых лесных дорог.

5.5 Обсуждение и выводы

Результаты данного исследования по теоретической оптимальной плотности дорожной сети показывают, что вложения в развитие сети лесных дорог экономически оправданы. Для качественного планирования необходимы точные и адекватные данные, что является большой проблемой, так как исследования и полевые эксперименты продемонстрировали ненадежность доступных данных. Однако, существует возможность улучшения точности, используя данные, свободно распространяемые через Интернет. Данные лесной инвентаризации могут быть обновлены и проверены с помощью спутниковых данных. Для получения информации о гидрологических условиях рассматриваемой территории можно создать модель рельефа, что особенно важно для успешного планирования расположения дорог. Операционное планирование должно объединять затраты на заготовку, строительство дорог и вывозку древесины, чтобы минимизировать общие затраты. Проведенное исследование не показало однозначно, какая из рассмотренных стратегий является наилучшей. Однако, строительство хороших лесных дорог должно проводиться в районах с большими запасами спелой древесины, готовой для заготовки, и, где затраты на строительство относительно невысокие.

Применение автомобилей повышенной проходимости для промежуточной транспортировки древесины по плохим дорогам (простым лесным дорогам) будет оставаться важной частью цепочки поставки древесины в обозримом будущем. Тем не менее, улучшение некоторых дорог для того, чтобы сделать их проезжими для обычных сортиментовозов, может быть экономически оправдано. Разделение территории лесозаготовок на зоны разной интенсивности лесопользования может быть одной из возможных стратегий. Интенсивность лесопользования на участках со значительными запасами/приростом древесины и расположенными рядом с качественными дорогами может быть выше, чем в удаленных древостоях с небольшими запасами, где простые и зимние лесные дороги могут все еще быть экономически эффективным решением.

Литература

- Карьялайнен Т., Лейнонен Т., Герасимов Ю., Хуссо М. & Карвинен С. (ред.). 2009. Интенсификация лесопользования и совершенствование лесозаготовок на Северо-Западе России - Заключительный отчет по исследовательскому проекту. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 134. 162 с. Доступно на:
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2009/mwp134.htm>.
- Погребняк П.С. 1955. Основы лесной типологии. 2. Издание исправленное и дополненное. АН УССР. 456 с.
- Burnett C, Fall A., Tomppo E. & Kalliola R. 2003. Monitoring current status of and trends in boreal forest land use in Russian Karelia. *Conservation ecology*. 7 (2) Article Number: 8
- Dahlin B. & Sallnäs O. 1993. Harvest scheduling under adjacency constraints - a case study from the Swedish sub-alpine region: *Scandinavian Journal of Forest Research*. 8: 281-290.
- Gerasimov Y. & Karjalainen T. 2006. Development of wood procurement in Northwest Russia: roundwood balance and unreported flows. *European Journal of Forest Research* 125: 189-199.

- Karvinen, S., Väliky, E., Torniainen, T. & Gerasimov, Y. 2006. Northwest Russian forestry in a nutshell. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 30. 98 c. Доступно на: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2006/mwp030.htm>.
- Kinnunen J., Maltamo M. & Päivinen R. 2004. The Accuracy of Forest Inventory Data in the Novgorod Region in Russia. European Forest Institute Proceedings. 48.
- Kinnunen J., Maltamo M. & Päivinen R. 2007. Standing volume estimates of forests in Russia: how accurate is the published data? *Forestry* 80 (1): 53-64.
- Kukuev Y.A., Krankina O. N. & Harmon M. E 1997. The forest inventory system in Russia. *Journal of Forestry* 95(9): 15-20.
- Metsäteho 2001. Metsätieohjeisto.
- Mönkkönen P. 2008, Planning of forest roads, costs and profitability in the North-West Russia, University of Helsinki.
- Norjamäki I. & Tokola T. 2007. Comparison of atmospheric correction methods in mapping timber volume with multitemporal landsat images in Kainuu, Finland
Photogrammetric engineering and remote sensing. 73 (2): 155-163.
- Nurminen T. & Heinonen J. 2007. Characteristics and time consumption of timber trucking in Finland. *Silva Fennica* 41(3): 471-487.
- Nurminen T., Korpunen H. & Uusitalo J. 2006. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica* 40(2): 335-363.
- Peltola A. 2009, Finnish Statistical Yearbook of Forestry. Finnish Forest Research Institute, Vantaa.
- Sundberg U. & Silversides C.R., 1988, Operational Efficiency in Forestry Volume 1: Analysis: Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 219 c.
- Tokola, T. Pitkanen J. & Muinonen E. 1996. Point accuracy of a non-parametric method in estimation of forest characteristics with different satellite materials. *International Journal of remote sensing*. 17 (12): 2333-2351.
- Tomppo E & Halme M. 2004. Using coarse scale forest variables as ancillary information and weighting of variables in k-NN estimation: a genetic algorithm approach. *Remote Sensing of Environment*. 92, (1):1-20
- Tomppo E., Olsson H., Ståhl G., Nilsson M., Hagner O. & Katilaa M. 2008. Combining national forest inventory field plots and remote sensing data for forest databases. *Remote Sensing of Environment*. 112 (5): 1982-1999. Доступно на: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2007.03.032>.
- Viitala, E.-J. & Uotila, E., 1999, Optimaalinen tietiheys yksityismetsätalouden kannalta. *Metsätieteen aikakauskirja*, c. 167-169.

6 Возможности для бизнеса, связанные с лесозаготовками и транспортировкой древесины на Северо-Западе России

6.1 Российско-финская торговля лесоматериалами

Между Финляндией и Россией существуют долгие традиции торговли лесоматериалами и, не смотря на текущее затишье, эта традиция имеет возможности для продолжения. Основной причиной для сложившейся ситуации наиболее вероятно являются введенные Россией в 2006 году экспортные пошлины на хвойную круглую древесину. В течение следующих двух лет, экспортная пошлина была повышена с 2,5 до 15 €/м³. Вместе с другими мерами таможенной политики, направленными на ограничение экспорта круглых лесоматериалов и глобальным кризисом рынков, введение этих пошлин способствовало снижению импорта в Финляндию с 17 млн м³ до почти 6 млн м³ в течение 2005–2009. Развитие событий в последнюю пару лет имело сильное влияние на лесной сектор, как России, так и Финляндии. Финские предприятия лесной промышленности реформировали свои подразделения, занимающиеся поставками древесины для того, чтобы адаптироваться к изменениям. В России крупные компании стали отвечать за выполнение лесохозяйственных операций, а малые и средние компании, в особенности, столкнулись с трудностями.

Россия остается важным партнёром для финского лесного сектора. Растущая экономика и богатые энергетические и древесные ресурсы России предлагают разнообразные возможности для развития долгосрочного бизнеса. Дальнейшие инвестиции в российскую лесную промышленность возможны, только если будет обеспечена стабильность и предсказуемость бизнес-среды. Федерация лесной промышленности Финляндии считает, что экспортные пошлины, сравнимые с экспортными запретами, запускают сейчас долгосрочный цикл негативного развития и создают более сложные условия для развития как российских, так и иностранных лесопромышленных компаний.

Ожидается, что ситуация на рынке круглых лесоматериалов нормализуется при вступлении России во Всемирную Торговую Организацию (ВТО). После вступления ожидается, что экспортные пошлины будут снижены, по крайней мере, до уровня, который позволит восстановиться поставщикам древесины и продолжить поставки древесины из России. Даже если экспортные пошлины останутся на текущем уровне, все равно есть возможности торговли лесоматериалами. Традиционная торговля необработанной древесиной, может быть, по крайней мере частично, замещена торговлей обработанными лесоматериалами, например щепой, экспортная пошлина на которую составляет всего 5% от ее таможенной стоимости и которая уже в последнюю пару лет была основным видом экспортных лесоматериалов.

Глобальные финские корпорации являются не только импортерами круглых лесоматериалов, но также заинтересованы инвестировать в деревообработку в России, что подтверждается, например, пятью лесопильными заводами, принадлежащими финским компаниям. В течение последних двух деkad, финские компании инвестировали около 1 миллиарда евро в российский лесной сектор. Финские компании изучали возможности для инвестиций в целлюлозно-бумажные комбинаты в России. Эти процессы были остановлены и заморожены с выходом финских компаний с российского рынка, когда началась текущая эра роста экспортных пошлин. Инвестициям иностранных компаний в Россию должны поспособствовать членство России в ВТО и гарантии безопасности инвестиций.

Несмотря на существующие сложности на местных и иностранных рынках в течение последней пары лет, все основные, крупные финские компании присутствуют на рынке.

Несколько увеличилось число финских компаний, готовых начать импортировать хвойные лесоматериалы из России. Такой вариант развития, возможно, отражает определенные настроения финских предпринимателей, которые хотят быть готовыми на случай появления каких-либо возможностей для бизнеса. Даже не смотря на то, что число российских экспортеров древесины значительно сократилось, их число все еще больше, чем число финских импортеров, которые менее сегментированы.

Финские компании традиционно закупили все виды сортиментов, включая березовые и осиновые балансы, на которые отсутствует спрос в России. Финансовые возможности компаний – в хорошем состоянии, и компании имеют репутацию надежных партнеров. Во многих случаях руководство финских компаний говорит по-русски, что облегчает ведение бизнеса.

Экспорт древесины был одним из главных источников занятости на Северо-Западе России. Например, было оценено, что заготовка древесины, экспортируемой в Финляндию, напрямую обеспечивает работой почти 40 000 человек. Если принимать во внимание косвенное влияние, то этот экспортный объем древесины дает работу 100 000 человек в российской сельской местности. Несколько лет назад финские лесопромышленные компании, вовлеченные в лесозаготовки и деревообработку в России, предоставляли почти 7 000 рабочих мест. Сейчас количество рабочих мест сократилось примерно на 1/5. Во многих регионах России эти компании играют роль работодателя и двигателя экономического роста.

Сертификация лесов в России стала более широко распространенной и ожидается, что сертифицированная площадь также увеличится в ближайшем будущем. Площадь лесов сертифицированных FSC в России превысила 30 миллионов гектаров в марте 2011, по этому показателю Россия занимает второе место в мире после Канады. Важность сертификации для глобального рынка выросла, так как конечные потребители древесных продуктов желают знать происхождение древесины. Лесная сертификация дает потребителям уверенность в легальности заготовки древесины в лесах, управляемых в соответствии с правилами устойчивого лесопользования.

В течение последних лет фактический район поставок древесины приблизился к российско-финляндской границе. В тоже время роль Северо-Запада России в поставках древесины стала более значимой, как результат увеличения затрат, вызванных ростом экспортных пошлин. Возможности для поставок древесины с более удаленных районов улучшатся, если исчезнут такие барьеры, стоящие перед международным бизнесом.

В последние 10 лет российская лесная промышленность устойчиво развивалась. Для модернизации производственных мощностей лесной промышленности были запущены новые инвестиционные проекты. ЛПК России был в основном ориентирован на хвойную древесину и одной из целей модернизации является увеличение доли использования лиственной древесины в промышленности. Торговля с Финляндией будет также приносить пользу России, пока некоторые из сортиментов, главным образом лиственные, не смогут перерабатываться в России.

В Финляндии лесные ресурсы растут, однако Россия располагает ресурсной базой другого порядка, которая предоставляет значительные возможности. Например, только на Северо-Западе России ежегодная расчетная лесосека составляет около 95 млн м³. Россия располагает самыми большими неиспользуемыми ресурсами хвойной древесины. Взаимовыгодная торговля лесоматериалами между Финляндией и Россией обладает значительным потенциалом, однако усилия должны быть интенсифицированы по обе стороны границы.

6.2 Поставки деловой и энергетической древесины

Возможности для бизнеса в лесном секторе России

Лесозаготовительные системы, разработанные в странах северной Европы для сортиментного метода (СМ), включая технологию заготовки энергетической древесины, становятся более распространенными в России благодаря трансферу технологий. Существует много причин, объясняющих растущую популярность СМ. Также есть несколько барьеров, таких как логистика древесины, повреждение лесоматериалов, проходимость техники, экологические аспекты и наличие сервиса для машин. Эти факторы были определены при выполнении проекта как важные для дальнейшего улучшения бизнес практики. Если бы все обнаруженные проблемы, типичные для лесозаготовок в России, были бы решены, это позволило бы снизить затраты на заготовку леса на 2,5 €/м³, затраты на вывозку древесины на 2,5 €/м³ и сократить потери стоимости деловой древесины на 0,8 €/м³.

Возможности улучшения цепочки поставки древесины

Фактически логистический подход к вывозке древесины, заготавливаемой по СМ, еще не разработан в России достаточно хорошо. Системы поддержки принятия решений (СППР), разработанные в странах с длительным опытом использования СМ, не всегда напрямую применимы в российских условиях. Причиной этого является специфическая организационная структура российских лесозаготовительных компаний. В России также действуют специфические требования к транспортному движению, свои собственные стандарты для древесины, категории дорог, наблюдается плохое состояние и содержание дорог и т.д. Кроме того, решения обычно подходят только конкретным компаниям, поэтому необходимо разрабатывать специализированные программные инструменты для улучшения планирования и оптимизации логистики древесины на операционном и тактическом уровнях. Разработанная в этом проекте СППР, основанная на геоинформационных технологиях, является инструментом, помогающим лесозаготовительным компаниям принимать наиболее выгодные для них всеобъемлющие решения по организационным вариантам для заготовки древесины по СМ и логистике. Применение системы позволяет увеличить эффективность от введения СМ и заготовки энергетической древесины, снизить затраты на заготовку и транспортировку древесины и улучшить использование парка машин для СМ. С помощью этой СППР лесозаготовительная компания может получать всестороннюю информацию о выгодах и ограничениях различных вариантов для СМ. Лесозаготовительная компания получает достаточно информации для принятия надежных операционных, тактических и стратегических решений. Критическим фактором для развития лесного хозяйства в России является улучшение экономической осуществимости СМ. Так как СППР учитывает экономические аспекты и при необходимости предупреждает о нехватке сортиментовозов и дает рекомендации для организации вывозки древесины (включая, например, планирование лесозаготовок и вывозки древесины, обоснование необходимости во временных терминалах и т.п.), в лесозаготовительных компаниях может быть повышена производительность и улучшена экономика всей цепочки поставки сортиментов. СППР подходит для различных уровней планирования поставки древесины, отличающихся горизонтом планирования и решаемыми задачами. Проверка системы на практике, проведенная в рамках проекта, показала положительные результаты применения этой системы на всех уровнях планирования лесозаготовительных операций (глава 4):

- *Операционное планирование – до одной недели.* Общие затраты на поставку древесины могут быть снижены на 0,5–1,6 €/м³;
- *Тактическое планирование – до трех месяцев.* Транспортные затраты могут быть уменьшены на 1,0 €/м³ или 250 000 €/год.

- *Стратегическое планирование – до одного года.* Транспортные затраты могут быть уменьшены на 1,5 €/м³ или около 0,4 млн €/год. Это потребует инвестиций в инфраструктуру (1 млн €), однако положительный эффект от оптимизации уменьшит срок окупаемости инвестиций до 3 лет.

Возможности по снижению повреждений древесины

Рост использования механизированных лесозаготовительных систем привел к увеличению вероятности повреждения древесины, включая разрыв комля, раскалывание бревен при перевалке, сжатие и дробление бревен. Сортименты могут повреждаться при валке, обрезке сучьев, раскряжевке, трелевке и вывозке форвардерами, складировании, погрузке и перевалочных операциях. Для лучших лесозаготовителей, работающих, в основном, в соответствии с полностью механизированным сортиментным методом (СМ) в странах северной Европы, величина потерь составляет 4–5% от стоимости заготавливаемой древесины. Однако, лесозаготовительные операции во многих странах, таких как Россия, проводятся с использованием нескольких различных лесозаготовительных систем, включая ЧМ ЗД, ПМ ЗД, ЧМ СМ, ПМ СМ и ЧМ ХМ, в которых потери достигают 11–18% от стоимости заготавливаемой древесины. Очевидно, что при сравнении разных заготовительных систем влияние качества древесины на стоимость деловой древесины не может игнорироваться. Это предопределено необходимостью сравнения качества древесины со спецификациями по качеству, указанными в контрактах, заключенных с потребителями древесины, а также с другими требованиями к качеству. Для того, чтобы оставаться конкурентоспособными, лесозаготовительные компании должны минимизировать потери древесины во время заготовки, используя более совершенную лесозаготовительную технологию.

Одной из основных возможностей, предоставляемых этим проектом, было выявление основных причины повреждения древесины, вызываемых применяемыми в России лесозаготовительными системами, с целью уменьшения потерь качества. В общем объемные потери древесины (выраженные как доля брака от общего среднего объема деловой древесины в год) составили в зависимости от лесозаготовительного метода: 1,8% для ЧМ СМ; 2,3% для ПМ СМ; 5,0% для ЧМ ХМ; 4,2% для ЧМ ЗД; и 3,3 для ПМ ЗД. В общем, средние потери объемов деловой древесины в изученных компаниях составили 3,6% или 67 000 м³/г. В зависимости от применяемых заготовительных систем потери стоимости достигали: 0,51 €/м³ для ЧМ СМ; 0,65 €/м³ для ПМ СМ; 1,38 €/м³ для ЧМ ХМ; 1,04 €/м³ для ЧМ ЗД и 0,86 €/м³ для ПМ ЗД. Общая средняя потеря стоимости древесины в изученных компаниях составила 0,98 €/м³ или € 1,8 млн евро в год.

Анализ полученных результатов показывает, что сортиментный метод может обеспечить самое высокое качество заготавливаемой древесины (доля брака меньше 3% от объема исследованных сортиментов) во всех рассмотренных компаниях и для разных породных составов. Заготовка деревьями продемонстрировала приемлемое качество древесины (доля брака около 3–5%). Качество древесины, получаемой при использовании хлыстового метода, было низким (доля брака больше 6%), особенно летом (доля брака до 10%).

Однозначно для снижения потерь деловой древесины необходимо улучшить лесозаготовительные операции даже в рамках тех же лесозаготовительных систем. Операторы и вальщики должны уделять больше внимания качеству, а не только одним объемам. Это может быть достигнуто введением соответствующих систем оплаты труда и лесозаготовительных инструкций, стимулирующих заготовку ценной древесины без повреждений. Влияние сезонности работ тоже может быть принято во внимание (доля брака выше зимой для ЧМ СМ и летом для ЧМ ХМ и ЧМ ЗД).

Была сделана приблизительная оценка возможного снижения брака по сравнению с установившимися лесозаготовительными системами. Доля брака может быть снижена на

20% для ЧМ СМ и на 25% для ПМ ЗД, если будут устранены недостатки, присущие этим методам. Также следует отметить, что оптимизация раскряжевки для ПМ СМ сможет повысить выход деловой древесины. Улучшения лесозаготовительных систем для ЧМ СМ смогут снизить долю брака на 15%. Для ЧМ ХМ и ЧМ ЗД снижение количества поврежденных сортиментов может достигать 20% и 15% соответственно.

Потери объемов деловой древесины в изученных компаниях могут казаться незначительными, особенно когда берется во внимание отсутствие разницы между ПМ СМ и ЧМ СМ. Однако, переход от традиционного ЧМ ХМ к СМ снижает потери, в среднем, на 0,8 €/м³ или 100 000 €/г для средней лесозаготовительной системы. Принимая во внимание начальную стоимость машин для СМ (форвардер стоит около 200 000 €, харвестер больше 300 000 €), переход от ЧМ ХМ и ЧМ ЗД к ПМ СМ может быть оправдан в долгосрочной перспективе, но переход к ЧМ СМ может быть целесообразным в среднесрочном периоде времени.

Возможности для повышения производительности машин

При одном и том же размере стволов производительность харвестеров на рубках главного пользования в Финляндии значительно выше, чем на Северо-Западе (глава 3.1.1). Существует несколько возможных причин, объясняющих такие различия между Россией и Финляндией. Предыдущие исследования показали, что навыки оператора имеют значительное влияние на производительность лесозаготовительных операций. Кроме того, более низкая производительность в России является результатом отличного от Финляндии распределения размеров и качества стволов, вызванного, в свою очередь, другими традициями лесопользования в России. Леса в Финляндии более или менее регулярно проходятся рубками ухода, тогда как в России рубки ухода редко проводятся в насаждениях перед рубками главного пользования. Такие аспекты являются важным фактором, ассоциированным с производительностью лесозаготовок.

Доля времени обработки ствола в эффективном машино-часе (*SprocR*) для каждого из харвестеров была действительно очень низкой и изменялась в широких пределах от 0,17 до 0,45 со средним значением 0,34. Харвестеры, работающие в Республике Коми, показывают лучшее соотношение, среднее значение коэффициента *SprocR* равно 0,35. Для сравнения, в странах Северной Европы доля время обработки ствола в эффективном машино-часе составляет от 25% для рубок прореживания и до 55% для сплошных рубок. Размер ствола имеет четкую прямую корреляцию с долей времени обработки ствола в эффективном машино-часе. Особенно это заметно с увеличением среднего размера ствола, так как доля времени обработки ствола *SprocR* также растет. С точки зрения выполнения операций российские лесозаготовительные компании очень нуждаются в увеличении производительности машин, так как коэффициент использования изученных харвестеров колебался от 0,40 до 0,84 со средним значением 0,60. Эти компании все еще располагают значительным потенциалом более эффективного использования машин, и возможности повышения доли времени обработки ствола для снижения затрат должны быть изучены. Производительность машин может быть увеличена путем повышения доли времени обработки ствола за счет улучшенных методов работы.

Результаты этого исследования и исследований, проведенных ранее, показали, что в некоторых лесозаготовительных компаниях рассмотренных регионов производительность харвестеров за 1 ЭМЧ может быть удвоена. В общем, при увеличении доли времени обработки ствола до уровня стран северной Европы (0,55), производительность может быть увеличена до 16,7 м³/ЭМЧ в Карелии, 17,0 м³/ЭМЧ в Вологодской области, 19,6 м³/ЭМЧ в Коми и 18,5 м³/ЭМЧ, в целом, для рассмотренных регионов. При выполнении этого условия,

средняя производительность обычных харвестеров в этих регионах может достичь уровня Финляндии, 18 м³/ЭМЧ. Экономический эффект может достичь 2,5 €/м³.

Возможности по улучшению рабочих условий и безопасности

С недавних пор, особое внимание уделяется повышению безопасности и улучшению условий труда на лесозаготовках. Комфортные условия труда могут сделать работу в лесозаготовительной отрасли более привлекательной и популярной для молодежи. На основе полученных значений показателя интегральной тяжести труда для отдельных лесозаготовительных машин с использованием критерия Ходжа-Лемана были сравнены 14 лесозаготовительных систем, применяемых в настоящее время. В соответствии с результатами ПМ СМ, выполняемый с применением системы «харвестер+форвардер», и ПМ ЗД с использованием системы «валочно-пакетирующая машина+колесный трелевочный трактор с захватом» обеспечивают лучшие условия труда. ЧМ СМ, основанный на системе «мотопила+форвардер», и комбинация импортной валочно-пакетирующей машины с российской чокерным трелевочным трактором были на втором месте. Традиционный российский метод хлыстовой заготовки с применением мотопил и чокерных трелевочных тракторов различных модификаций продемонстрировал наихудшие результаты по эргономике, сложности и безопасности труда. При использовании частично механизированных систем заготовки древесины использование чокерных трелевочных тракторов должно быть ограничено, насколько это возможно, так как эти машины в целом не отвечают современным требованиям к эргономике. Результаты измерений полученных в ходе полевых работ могут быть полезными для оценки эргономических характеристик отдельных машин в рамках похожих лесозаготовительных методов и систем. ПМ СМ с использованием новейших моделей машин John Deere и Volvo занял лидирующее положение по комфортности рабочих условий. Для других машин, применяемых в сортиментной заготовке древесины, полученные результаты были почти одинаковы, каждая из этих машин была оценена как относительно дискомфортная с точки зрения эргономики. Сравнительно низкие оценки получили форвардер Valmet 840.3 и валочно-пакетирующая машина Timberjack 850. За этими машинами следовали получившие гораздо худшие оценки трелевочные трактора Timberjack 460D и ТЛТ-100. Эти машины показали близкие значения интегральной тяжести труда и характеризовались экстремальными рабочими условиями. Условия работы операторов трелевочных тракторов ТДТ-55А совершенно не приемлемы по современным требованиям эргономики.

Возможности для улучшения проходимости машин и снижения вреда на лесную экосистему

Механизированный сортиментный метод, применяемый для рубок ухода и сплошных рубок, может нанести вред окружающей среде на лесосеках, так как лесосечные операции осуществляются при любых погодных условиях с применением, в основном, тяжелых машин. Глубокое колеобразование при работе машин оказывает прямое влияние на производительность, расход топлива и себестоимость лесозаготовительных операций, а так ведет к повреждению почвенного покрова. Особенно это заметно осенью и весной на лесосеках со слабыми грунтами, где для снижения причиняемого вреда и повышения проходимости машины для сортиментного метода могут дополнительно оснащаться гусеницами, а на волоках устраиваются хворостяные подушки из лесосечных отходов.

В рамках поставленного опыта выявлено, что сортиментный метод отвечает экологическим требованиям, предъявляемым при его использовании на Северо-Западе России к уплотнению почво-грунтов (глава 3.3). Однако, увеличение плотности в поверхностном слое (глубиной 0–5 см) в условиях распространенных суглинистых грунтов было отмечено во всех рассмотренных вариантах. Величина уплотнения зависела от числа проходов,

наличия хворостяной подушки, использования гусениц и влажности почвы. В сравнении с вариантами, где использовался форвардер, не оборудованный гусеницами и не было хворостяной подушки, в случае применения гусениц уплотнение влажных и мокрых почвогрунтов происходило более равномерно. Корни, присутствующие в лесной почве, помогают формированию зоны уплотнения под звеном гусеницы, которое происходит в ходе первых проходов. С увеличением числа проходов, зона уплотнения углубляется и частично разрушается с боковым выдавливанием грунта. Затем происходит небольшое увеличение плотности, что связано с формированием вторичных зон уплотнения. Результаты применения хворостяной подушки показали, что слой лесосечных отходов снижает влияние от первого и последующих проходов форвардера. Плотность почвогрунта при этом значительно не изменялась. Увеличение плотности почвогрунта составило около 10% по сравнению с плотностью почвогрунта, покрытого слоем лесосечных отходов. Также в рамках проведенного исследования было отмечено, что эффект от устройства хворостяной подушки практически одинаков как для колесного, так и для гибридного движителя.

В отношении колеобразователя сортиментный метод не отвечает экологическим требованиям для рубок прореживания (глубина колеи должна быть меньше 0,15 м). Кроме того, на мокрых почвах глубина колеи достигла величины дорожного просвета форвардера (0,67 м). Результаты применения гусениц показали, что глубина колеи не отвечает экологическим требованиям для рубок прореживания (0,15 м), особенно на мокрых почвах, однако ее значение оставалось меньше величины дорожного просвета форвардера. При использовании хворостяной подушки глубина колеи изменялась незначительно.

Все механизированные системы лесозаготовки (хлыстовой, деревьями и сортиментный методы), применяемые в России, оказывают различное негативное влияние на лесную экосреду. При использовании на песчаных или супесчаных почвогрунтах все механизированные системы оказывают почти одинаковые эффекты на почву. Однако, доля песчаных и супесчаных почвогрунтов в российских лесах мала по сравнению с суглинками и глинами. На таких почвах системы для заготовки древесины хлыстами и деревьями, в отличие от систем сортиментной заготовки, вызывают значительное уплотнение почвы, но почти не формируют колеи. Более 50% лесосек в России располагаются на мокрых и слабых почвах. Поэтому практика применения систем сортиментной заготовки должна быть улучшена, чтобы уменьшить глубину колеи на наиболее распространенных почвах. Таким образом, колеса форвардеров, гусеницы и толщина хворостяной подушки должны адаптироваться под условия конкретных лесосек и характеристики местности.

Возможности улучшения выбора лесных машин и их обслуживания

Выбор оборудования, не соответствующего намечаемым условиям эксплуатации, негативно отразится на эффективности его применения. Особое внимание следует уделить выбору оборудования в том случае, если речь идет о приобретении только харвестерной головки. Ее паспортные характеристики должны соответствовать параметрам выбранной базовой машины (масса, диаметр обрабатываемого дерева, давление в гидросистеме, подача насосов, мощность и т.д.). Например, недостаточная подача насосов приводит к невозможности совмещения операций при совместной работе головки и манипулятора. Это, как и недостаточная мощность двигателя, резко снижает производительность машины.

Правильный выбор оборудования играет существенную, но не единственную роль в обеспечении эффективности применения харвестеров. Вторым фактором, обеспечивающим успех, являются правильная эксплуатация и обслуживание. Это подразумевает применение соответствующих рекомендациям производителя масел и технических жидкостей, соблюдение последовательности и объема технического обслуживания. Особое внимание следует уделять обслуживанию пилы и сучкорезно-протаскивающего механизма. В частности,

необходимо правильно настраивать и регулировать сучкорезно-протаскивающий механизм, затачивать сучкорезные ножи, очищать вальцы от внедрившихся остатков коры и древесины и пр.

Опыт эксплуатации харвестеров на лесозаготовительных предприятиях Северо-Запада России (см. глава 3.4) показывает, что если операторы машин уделяют должное внимание заточке пильных цепей, то с техническим обслуживанием сучкорезно-протаскивающего механизма, как правило, имеются проблемы. А поскольку процесс обрезки сучьев харвестером происходит на достаточно высоких скоростях протаскивания ствола (до 5 м/с), то к сучкорезным ножам предъявляются высокие требования по износостойкости и способности сохранять оптимальную геометрию режущей кромки и граней резца ножа. Затупление режущих кромок ножей, нарушения геометрии их формы снижают производительность работы машины, ухудшают качество заготавливаемых сортиментов. Особенно интенсивно износ ножей происходит в бес-

снежный период года, когда на сучья при валке налипают минеральные включения, частицы почвы. Проведенными исследованиями было установлено, что в большинстве компаний при техническом обслуживании харвестерных головок требования по заточке сучкорезных ножей в соответствии с инструкцией по их эксплуатации не выполнялись. Не проводилась своевременная, а главное правильная заточка ножей. Исследования показали, что соблюдение технического обслуживания сучкорезных ножей может повысить производительность и улучшить качество обработки ствола. Для достижения лучшей производительности к качеству рекомендуется:

1. Уделять большое внимание заточке сучкорезных ножей головки в весенне-летний и осенний периоды, что будет способствовать повышению качества заготавливаемых сортиментов, в т. ч. при изношенности ошиповки протаскивающих вальцов.
2. Контролировать состояние протаскивающих вальцов при техническом обслуживании, вовремя ремонтируя или заменяя на новые.
3. Необходимо, чтобы операторы харвестеров были не только ознакомлены с требованиями по заточке ножей в соответствии с «Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию» харвестерной головки, но и в их должностные обязанности входило осуществление контроля за соблюдением качественной заточки ножей рабочим персоналом.
4. Производителям харвестерных головок следовало бы предусмотреть включение в комплектацию харвестерной головки соответствующие приспособления (угломер) для измерения (контроля) углов заточки ножей.
5. Заработная плата операторов должна быть связана с качеством производимых сортиментов.

Экономический эффект может составить до 0,22 €/м³ за счет улучшения качества сортиментов, 0,03 €/м³ за счет снижения расхода ГСМ и 0,15 €/м³ за счет увеличения производительности машины.

Возможности в поставках энергетической древесины

Северо-Западная часть России располагает значительными объемами энергетической древесины различного происхождения, доступными для использования. Около 30,5 млн м³ энергетической древесины технически доступны, включая неделовую древесину, лесосечные отходы, пни и отходы деревообработки. Только 0,2 миллиона м³ находятся вне доступа, в основном из-за нехватки дорог в Республике Коми и Архангельской области (глава 2.3).

Несмотря на большие ресурсы энергетической древесины, она далеко не полностью используется на Северо-Западе России в качестве топлива. Древесина, вместе с другими возобновляемыми источниками энергии, обеспечивает только 2% от общего потребления

энергии на Северо-Западе России. Несколько факторов ограничивают местное использование энергетической древесины. В первую очередь, это быстрое расширение национальной газотранспортной сети. Также наблюдается нехватка инвестиций и оборудования для производства и использования древесного топлива. Более того, на развитие энергетики основанной на древесине, оказывает влияние государственная энергетическая политика. Действующая энергетическая стратегия России делает приоритетом интенсификацию производства энергии из других возобновляемых источников энергии, в основном, с помощью гидроэлектростанций.

Поставки энергетической древесины, однако, имеют коммерческий потенциал во многих регионах Северо-Запада России, что объясняется двумя факторами. Растущий глобальный спрос на пеллеты и доступность ресурсов создали хорошие условия для производства пеллет на Северо-Западе России. Недавно рядом с Выборгом и российско-финляндской границей был построен завод, который будет производить около 1 миллиона тонн пеллет в год. Этот завод спроектирован в расчете на круглую древесину и поэтому будет потреблять около 3,6 млн м³ круглой древесины ежегодно.

Другой причиной увеличения коммерческого потенциала энергетической древесины являются политические меры, предпринимаемые в некоторых регионах Северо-Запада России. Эти регионы разрабатывают (Архангельская область) или уже выполняют (Республика Карелия, Новгородская и Вологодская области) стратегии развития, направленные на увеличение использования древесины для производства энергии. В разных регионах эти стратегии развития имеют различные цели. Например, в Республике Карелия целью поставленной региональной стратегией развития является перевод муниципальных котельных с мазута на торф и топливную щепу. Стратегия развития лесного сектора Вологодской области сфокусирована на производстве пеллет из низкосортной древесины. Несмотря на различные цели, эти стратегии обладают общими особенностями. Все стратегии четко показывают лесозаготовительным компаниям, производителям и потребителям биотоплива официальную позицию по развитию биоэнергетики, однозначно определяя главное использование энергетической древесины – производство топливной щепы (Республика Карелия), пеллет (Вологодская область) и пеллет и брикетов (Архангельская область). Более того, выполнение стратегий должно привести к росту местного спроса на энергетическую древесину, которая может быть ресурсом для производства различных видов биотоплива. Это даст лесозаготовительным компаниям хорошие возможности, потому что они наконец-то получат рынок для низкосортной древесины.

В то же время богатые ресурсы являются причиной, по которой топливная щепа, один из наиболее распространенных видов топлива, производимого из энергетической древесины в регионе, имеет низкую стоимость на местном рынке. Это усложняет выбор прибыльной цепочки поставки топливной щепы. Для поставок на местный рынок экономически наиболее эффективной является цепочка поставки, основанная на производстве топливной щепы у потребителя (глава 3.1.2). Однако для того, чтобы этот метод производства топливной щепы оставался выгодным, необходимо относить стоимость трелевки топливной древесины на стоимость деловой древесины, заготовленной на этой же лесосеке.

Обильные ресурсы энергетической древесины, слабый внутренний спрос, относительно низкая стоимость рабочей силы и ресурсов, а также близость Финляндии создают возможности для экспорта топливной щепы из региона в Финляндию. Однако, стоимость транспортировки топливной щепы ограничивает территорию снабжения (глава 2.3). Экономически эффективной при экспорте топливной щепы из Республики Карелия в Финляндию была цепочка поставки, основанная на производстве топливной щепы из круглой древесины на терминале с помощью мобильной рубительной установки (глава 3.1.3). Однако, эффективность этой цепочки зависит от многих факторов (глава 3.1.3), включая затраты на транспортировку

энергетической круглой древесины от лесосек к терминалу, расстояние транспортировки топливной щепы и время, необходимое на пересечение российско-финляндской границы.

Возможности развития рынка лесных машин и оборудования

Развитие лесохозяйственных практик на Северо-Западе России в недавнее и настоящее время включает быстрое освоение сортиментного метода лесозаготовок, трансфер технологий, проведение коммерческих рубок ухода и заготовку энергетической древесины. Размер рынка машин для заготовки деловой и энергетической древесины был оценен в Ленинградской области. Парк лесозаготовительных машин состоял из около 700 машин для традиционной хлыстовой технологии и 120 харвестеров и форвардеров для сортиментной технологии. Парк отечественных машин устарел, кроме того, снизились как объемы, так и качество отечественного производства лесозаготовительной техники, поэтому импортные машины для сортиментного метода замещают отечественную технику для хлыстовой заготовки. Результаты проведенного исследования показывают, что на рынке техники для сортиментного метода может продаваться ежегодно 21 харвестер, 32 форвардера и 26 сортиментовозов, а в будущем число продаваемых машин каждого типа может увеличиться на 30–40 штук. Максимальная емкость рынка в 50–60 харвестеров, форвардеров и сортиментовозов могла бы быть достигнута при условии освоения в полном объеме расчетной лесосеки и коммерческих рубок ухода. На рынке машин для заготовки энергетической древесины могло бы продаваться 4 форвардера для биомассы, 11 мобильных рубительных установок и 13 щеповозов, в будущем их ежегодные продажи могут увеличиться до 6 и 15–20 машин соответственно. Ежегодный максимальный спрос может быть 30–40 форвардеров для биомассы, мобильных рубительных установок и щеповозов. В регионе только 1/3 от всех лесозаготовительных компаний располагает площадями арендованных лесов, достаточными для применения высокопродуктивной сортиментной технологии. Этим 41 компании потребуется 270 машин, из которых 90 – харвестеров, 100 – форвардеров и 80 – сортиментовозов. Для заготовки энергетической древесины 37 компаниям будет нужно около 50 форвардеров для биомассы и мобильных рубительных установок и 60 щеповозов. Из общего числа арендаторов, 60% имеют достаточно лесов и могут использовать сортиментную технологию при условии полного освоения расчетной лесосеки и проведения коммерческих рубок ухода. Этим 68 предприятиям потребуется 500 машин: 160 харвестеров, 190 форвардеров и 150 сортиментовозов, 100 форвардеров биомассы, 100 мобильных рубительных установок и 110 щеповозов. 10 крупнейших компаний будут располагать половиной всего парка машин.

Экономические показатели технологического развития в лесозаготовках продемонстрировали положительные сигналы, так, например, коэффициент обновления лесозаготовительной техники увеличился с 14% в 2005 году до 36% в 2009 году. Это означает, что лесозаготовительные компании сейчас находятся в лучшем положении с точки зрения обновления парка машин, чем в прошлом. Сейчас также существуют лучшие возможности для финансирования приобретения новых технологий.

6.3 Лесная инфраструктура и транспорт

Эффективность работы лесозаготовительной отрасли принято полагать находящейся в зависимости, в первую очередь, от таких факторов, как наличие устойчивого спроса, уровень закупочных цен на продукцию, характеристики лесосырьевой базы, применяемые технологии, цены на топливо и т. п. Эти факторы действительно имеют ключевое значение. Вместе с тем, в большинстве случаев лесозаготовитель никак не может повлиять на них. А если и может, то такое влияние оказывается весьма и весьма ограниченным.

С другой стороны, имеется целый ряд возможностей повысить эффективность своей работы, на который большинство российских лесозаготовителей обращает совершенно недостаточное, на наш взгляд, внимание. Речь идет об оптимальной организации бизнес-процессов внутри предприятия. На сегодняшний день грамотная организация этих процессов в соответствии с современными подходами и с применением новых методов может существенно сократить издержки организационного характера и повысить эффективность, как самих производственных процессов, так и эффективность управления ими.

В этой связи одним из перспективных направлений видится внедрение современных логистических методов в организацию лесозаготовительного производства. Это может привести к хорошим результатам при решении таких задач как, например, обеспечение эффективной транспортной логистики, развитие лесной дорожной инфраструктуры или оптимизация лесозаготовительных планов.

Актуальность проблемы поиска эффективных методов решения задачи логистики лесоматериалов значительно выросла в России за последние несколько лет. В первую очередь это связано с ускоренным ростом объемов лесозаготовок, осуществляемых с использованием сортиментной (скандинавской) технологии. Северо-Западный регион занимает ведущее место в использовании этой технологии.

При прочих равных условиях применение сортиментной технологии существенно усложняет задачу отыскания оптимального транспортного плана, ввиду отсутствия в ее классической схеме централизованных нижних складов и существенного увеличения номенклатуры производимой на делянке продукции.

Все это приводит к тому, что стандартные схемы организации перевозок оказываются мало эффективными, а построение более эффективных планов, ввиду сложности задачи, может быть осуществлено только при условии использования современных логистических методов, реализуемых в специальном прикладном программном обеспечении.

Нежелание решать эту задачу в числе прочего обусловило появление такого гибридного подхода к вывозке сортиментов, при котором вывозка выполняется в два этапа. На первом этапе все сортименты вывозятся с делянок на нижний склад, а затем уже со склада после вторичной сортировки – потребителям. Наличие склада может существенно увеличить затраты на перевозку одного кубометра древесины, т. к. суммарное расстояние транспортирования с делянки на склад плюс со склада – потребителю будет всегда больше расстояния при непосредственной перевозке с делянки – потребителю. Кроме того, сюда следует прибавить затраты на перевалку, хранение лесоматериалов, содержание склада и т. д.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение методов логистики, которые бы позволили решать эту задачу в условиях компаний, могло бы существенно повысить эффективность работ по вывозке продукции лесозаготовок.

Актуальность проблемы модернизации сетей лесных автомобильных дорог в России на сегодняшний день очень велика. Низкая обеспеченность транспортной инфраструктурой сдерживает развитие лесопромышленного комплекса, т. к. существенно ограничиваются возможности более полного освоения эксплуатационных лесов и снижается экономическая доступность лесных ресурсов. В этой связи особое значение получают мероприятия, позволяющие повысить эффективность строительства и эксплуатации лесных автомобильных дорог.

Одним из направлений повышения эффективности строительства и эксплуатации лесных автомобильных дорог является всестороннее обоснование планов строительства дорог, а также транспортных планов, которое может быть организовано с применением новых технологий логистики и современных методов поддержки принятия решений, основанных на имитационном моделировании и математическом программировании. Эти методики отличаются от традиционно применяемых тем, что они позволяют учитывать

гораздо большее число различных факторов и делать это точнее. Кроме того, благодаря применению современных средств, они способствуют сокращению расходов на проектирование, строительство и эксплуатацию лесных автомобильных дорог.

Известно, что строительство дорог – это очень затратный процесс. Поэтому грамотное планирование развития корпоративных сетей лесных дорог может сэкономить очень значительные средства в масштабах лесозаготовительных компаний. Как раз применение методов логистики позволяет решать эту задачу таким образом, чтобы обеспечить освоение наибольших площадей наиболее доходных лесов в пределах лесозаготовительных баз при условии необходимости строительства минимальной протяженности дорогих новых лесных дорог.

Главной целью при проектировании оптимальной сети лесных автомобильных дорог следует считать обеспечение транспортной доступности основных лесосырьевых баз при условии минимальных затрат на строительство дорог. Этого можно добиться путем разработки методик, учитывающих пространственное расположение наиболее перспективных лесных массивов, природно-производственные факторы, такие, как распределение различных типов грунтов по территории лесосырьевой базы, расположение русел рек, наличие озер, болот, других непреодолимых препятствий или особо охраняемых зон, где по каким-либо причинам запрещено дорожное строительство. Кроме того, должны быть учтены возможные источники материалов для дорожного строительства (песчано-гравийные карьеры и т. п.), а также существующая сеть дорог.

Кроме этого, дополнительного эффекта можно добиться, оптимизируя лесозаготовительные планы. Под оптимальным лесозаготовительным планом здесь понимается такой порядок освоения лесосырьевой базы, который бы соответствовал выходу более ценной продукции при минимальном уровне дополнительных затрат на производство.

Эффективное решение этих и других подобных задач должно стать реальным инструментом в руках руководителей лесозаготовительных компаний России в обеспечении их рентабельности и устойчивого роста.

Публикация

Приложение 1

Международные рецензируемые журналы

1. Герасимов Ю., Соколов А., Фьелд Д. 2012. Improving CTL operations management in Russian logging companies using a new decision support system. *European Journal of Forest Research*. 17 с.
2. Герасимов Ю., Соколов А. 2011. Ergonomic evaluation and comparison of wood harvesting systems. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 18 с.
3. Герасимов Ю., Карьялайнен Т. 2011. Estimation of machinery market size for industrial and energy wood harvesting in the Leningrad region. *Croatian Journal of Forest Engineering* 33(1). 13 с.
4. Герасимов Ю., Карьялайнен Т. 2011. Energy wood resources availability and delivery cost in Northwest Russia. *Biomass and Bioenergy*. 18 с.
5. Герасимов Ю., Сенькин В., Вятейнен К. 2011. Productivity of single-grip harvesters in clear-cutting operations in the northern European part of Russia. *European Journal of Forest Research* 130. DOI: 10.1007/s10342-011-0538-9. 8 с.
6. Герасимов Ю., Карьялайнен Т. 2011. Energy wood resources in Northwest Russia. *Biomass and Bioenergy* 35 (2011): 1655-1662.
7. Герасимов Ю., Селиверстов А. 2010. Industrial round-wood losses associated with the harvesting systems in Russia. *Croatian Journal of Forest Engineering* 31(2): 111-126.
8. Гольцев В., Илавски Я., Карьялайнен Т., Герасимов Ю. 2010. Potential of energy wood resources and technologies for their supply in Tihvin and Boksitogorsk districts of the Leningrad region. *Biomass and Bioenergy* 34(2010): 1440-1448.
9. Герасимов Ю., Катаров В. 2010. Effect of bogie track and slash reinforcement on sinkage and soil compaction in soft terrains. *Croatian Journal of Forest Engineering* 31(1): 35-45.
10. Герасимов Ю., Соколов А. 2009. Ergonomic characterization of harvesting work in Karelia. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30(2): 159-170.
11. Гольцев В., Илавски Я., Герасимов Ю., Карьялайнен Т. 2010. Potential for biofuel development in Tihvin and Boksitogorsk districts of the Leningrad region - the analysis of energy wood supply systems and costs. *Forest Policy and Economy* 12(4): 308-316.

Российские рецензируемые журналы

12. Суханов Ю.В., Герасимов Ю.Ю., Селиверстов А.А., Сюнёв В.С. 2012. Системы машин для производства топливной щепы из древесной биомассы по технологии заготовки деревьями [Machine systems for production of fuel chips from woody biomass using full-tree harvesting method]. *Тракторы и сельскохозяйственные машины* 1(2012). 9 с.
13. Герасимов Ю., Соколов А., Сюнёв В. 2011. Optimization of industrial and fuel wood supply chain associated with cut-to-length harvesting. *Системы. Методы. Технологии*. 3(11): 118-124.
14. Герасимов Ю.Ю., Сюнёв В.С., Соколов А.П., Селиверстов А.А., Катаров В.К., Суханов Ю.В., Рожин Д.В., Тюрлик И.И., Фирсов М.В. 2011. Рациональное использование древесины и лесосечных отходов в биоэнергетике: оценка потенциалов и технологических подходов [Rational energy use of wood-based biomass: Estimation of potentials]. *Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета* 73(9): 576–587.

15. Суханов Ю.В., Герасимов Ю.Ю., Селиверстов А.А., Соколов А.Р. 2011. Технологические цепочки и системы машин для сбора и переработки древесной биомассы в топливную щепу при сплошносечной заготовке в сортиментах [Technological chains and machine systems for collecting and processing woody biomass into fuel chips in clear-cutting harvesting by cut-to-length]. *Системы. Методы. Технологии*. 4(12): 101-107.
16. Герасимов Ю.Ю., Селиверстов А.А., Суханов Ю.В., Сюнёв В.С. 2011. Основные факторы влияющие на процесс планирования производства древесного топлива из древесной биомассы [Major factors affecting process production planning of wood fuels from woody biomass]. *Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки* 8(121): 77-80.
17. Соколов А.Р., Герасимов Ю.Ю. 2011. Методика принятия решений по оптимизации лесозаготовительных планов [Methodology of decision-making for wood harvesting optimization]. *Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета* 69(5): 320–334.
18. Герасимов Ю., Соколов А., Катаров В. 2011. Разработка системы оптимального проектирования сети лесовозных дорог [Development of a system for optimal design of a forest roads network]. *Информационные технологии* 1(2011): 39-44.
19. Селиверстов А., Сюнёв В., Герасимов Ю., Соколов А. 2010. Повышение эффективности использования харвестеров [Improving the efficiency of harvesters]. *Системы. Методы. Технологии*. 4(8): 133-139.
20. Герасимов Ю., Карьялайнен Т. 2010. Ресурсы древесного топлива Северо-Запада России [Energy Wood Resources in Northwest Russia]. *Лесной Вестник* 4(73): 12-13.
21. Соколов А., Герасимов Ю., Селиверстов А. 2009. Методика оптимизации парка автомобилей на вывозке сортиментов на основе имитационного моделирования в среде ГИС [A method for short-wood trucks fleet optimization based on the simulation modeling in the environment of geographic information system]. *Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки* 11(105): 72-77.
22. Соколов А., Герасимов Ю. 2009. Геоинформационная система для решения оптимизационной задачи логистики круглых лесоматериалов [Geoinformation system for solving optimization problem of transport logistics for round wood]. *Лесной Журнал* (3): 78-85
23. Герасимов Ю., Карвинен С., Сюнёв В., Соколов А., Катаров В. 2009. Развитие транспортной инфраструктуры лесной отрасли – опыт Финляндии [Development of wood transport infrastructure - Finnish experience]. *Транспортное дело России* 7(68): 99-102.

Учебные пособия

24. Сюнёв В, Селиверстов А., Герасимов Ю., Соколов А. 2011. Лесосечные машины в фокусе биоэнергетики: конструкции, проектирование, расчет [Wood harvesting machinery in the focus of bioenergy: constructive solutions, design, engineering calculation]. METLA, Joensuu. 143 с. ISBN 978-951-40-2325-5.
25. Герасимов Ю., Катаров В. 2009. Лесные дороги [Forest roads]. METLA, Joensuu. 70 p. ISBN 978-951-40-2194-7.
26. Герасимов Ю., Сибиряков К., Мошков С., Вяльккю Э., Карвинен С. 2009. Расчет эксплуатационных затрат лесосечных машин [Cost calculation of timber harvesting machines]. METLA, Joensuu. 44 с. ISBN 978-951-40-2174-9.

Научные журналы и отчеты

27. Карвинен С., Вяльккю Э., Герасимов Ю., Добровольский А. 2011. Northwest Russian Forest Sector in a Nutshell. METLA. 138 с.
28. Толонен Т. & Копонен М. 2011. Havupuun tuonti Venäjältä Suomeen ja tuontihavupuun kasvinterveystarkastukset vuosina 2005-2009. *Working papers of the Finnish forest research institute* 197. 32 с.
29. Гольцев В., Тришкин М. & Толонен Т. 2011. Efficiency of forest chip transportation from Russian Karelia to Finland. *Working papers of the Finnish forest research institute* 189. 42 с.
30. Герасимов Ю., Сюнёв В, Соколов А. 2010. Алгоритмы определения оптимальных маршрутов на графах для решения задач управления системами транспортировки древесины для лесопромышленного комплекса и биоэнергетики [Algorithms for determining optimal routes on graphs for solving problems of control systems for the transportation of wood harvesting and bioenergy]. *Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ* 9 (2010): 30-33.
31. Соколов А., Герасимов Ю. 2010. Алгоритм синтеза оптимального транспортного плана в системе поддержки принятия решений для лесопромышленного комплекса и биоэнергетики [The synthesis algorithm of optimal transport plan in the decision support system for wood harvesting and bioenergy]. *Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ* 8(2010): 144-148.
32. Герасимов Ю., Карвинен С., Лейнонен Т. 2009. Atlas of forest sector in Northwest Russia. *Working papers of the Finnish forest research institute* 131. 43 с.
33. Герасимов Ю., Карьялайнен Т. 2009. Estimation of supply and delivery cost of energy wood from Northwest Russia. *Working papers of the Finnish forest research institute* 123. 21 с.
34. Сюнёв В, Соколов А., Коновалов А., Катаров В., Селиверстов А., Герасимов Ю., Карвинен С., Вяльккю Э. 2009. Comparison of wood harvesting methods in the Republic of Karelia. *Working papers of the Finnish forest research institute* 120. 117 с.

Международные симпозиумы и конференции

35. Герасимов Ю., Соколов А., Катаров В. 2011. Оптимизация цепочки поставок древесины на основе ГИС-технологий для лесозаготовительной компании в России. *Материалы международной научно-практической конференции «Инновации и технологии в лесном хозяйстве», 22-23 марта 2011 – Санкт Петербург. Сборник трудов СПбНИИЛХ* 24(1): 68-72. ISSN 2079-6080.
36. Герасимов Ю., Соколов А. 2011. Wood supply chain optimization: Case studies of logging companies in Russia. *Formec 2011. 44rd International Symposium on Forestry Mechanization. Proceedings. October 9-13, 2011 - Graz, Austria.* 11 с.
37. Соколов А., Герасимов Ю. 2011. Ergonomic characterization of wood harvesting systems in Russia. *Formec 2011. 44rd International Symposium on Forestry Mechanization. Proceedings. October 9-13, 2011 - Graz, Austria.* 12 с.
38. Лайтила Ю., Вятяйнен К. 2011. Harvesting alternatives and transportation logistics for wood from young stands. *Опыт лесопользования в условиях Северо-Запада РФ и Фенноскандии. Материалы международной научно-технической конференции посвященной 60-летию Лесоинженерного факультета ПетрГУ – 20-22 сентября 2011 г., Петрозаводск.* С. 108-109.
39. Герасимов Ю. 2011. Бизнес-потенциал в лесном секторе России: возможности логистики. *Опыт лесопользования в условиях Северо-Запада РФ и Фенноскандии. Материалы международной научно-технической конференции посвященной 60-летию Лесоинженерного факультета ПетрГУ – 20-22 сентября 2011 г., Петрозаводск.* С. 106-107.

40. Сюнёв В., Катаров В., Герасимов Ю. 2011. Снижение воздействия форвардеров на лесные почво-грунты. *Опыт лесопользования в условиях Северо-Запада РФ и Финноскандии. Материалы международной научно-технической конференции посвященной 60-летию Лесоинженерного факультета ПетрГУ – 20-22 сентября 2011 г.* С. 117-118.
41. Герасимов Ю., Сюнёв В., Соколов А., Карьялайнен Т. 2010. Wood harvesting and logistics in Russia – Nordic business possibilities. *Forest operations research in the Nordic Baltic Region. Proceedings of 2010 OSCAR conference – Honne, Norway, October 20-22, 2010.* С. 41-42.
42. Герасимов Ю., Сенькин В., Вятяйнен К. 2010. Productivity of harvesters in the northern European part of Russia. *Forest operations research in the Nordic Baltic Region. Proceedings of 2010 OSCAR conference – Honne, Norway, October 20-22, 2010.* С. 51-52.
43. Герасимов Ю., Катаров В. 2010. Effect of Bogie Track and Slash Reinforcement on Sinkage and Soil Compaction in Soft Terrains in Russia. *Forest operations research in the Nordic Baltic Region. Proceedings of 2010 OSCAR conference – Honne, Norway, October 20-22, 2010.* С. 67-68.
44. Сюнёв В., Катаров В., Герасимов Ю. 2010. Влияние первичного транспорта леса на почво-грунты в периоды межсезонья. *Леса Евразии: Материалы Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи, посвященной 90-летию со дня основания Московского государственного университета леса и 170-летию со дня рождения профессора М.К. Турского, 19-22 сентября 2010, Москва.* МГУЛ. С. 129-132.
45. Карьялайнен Т., Герасимов Ю., Холодков В. 2010. Energy wood resources in Northwest Russia and international trade of wood fuels. *Forest Bioenergy 2010. Book of Proceedings. Finbio Publications 47, FINBIO - The Bioenergy Association of Finland FINBIO.* С. 69-76.
46. Герасимов Ю., Соколов А. 2010. Decision-support system for harvesting planning in Russia. *Formec 2010. 43rd International Symposium on Forestry Mechanization. Proceedings. July 11-14, 2010 - Padova, Italy.* 8 с.
47. Карьялайнен Т., Герасимов Ю. 2010. Energy wood resources in Northwest Russia. *Bioenergy 2009. Book of Proceedings. Part 2. Finbio Publications 45, FINBIO - The Bioenergy Association of Finland FINBIO.* С. 957-959.

Профессиональные лесные журналы

48. Сюнёв В.С., Соколов А.П., Коновалов А.П., Катаров В.К., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., Карвинен С., Вяльккю Э. 2011. Анализ потребности в обучении операторов лесозаготовительных машин [Analysis of training needs of operators of wood harvesting machines]. *ПРОлес* (1-2): 1-9.
49. Герасимов Ю. 2010. Development of the Normative Base of Sustainable Forest Management at Regional Level Leningrad region. *Forest & Nature in Northwest Russia NWRDP Bulletin* 1(2010): 15-16.
50. Герасимов Ю., Катаров В., Карвинен С., Вяльккю Э. 2010. Лесные дороги [Forest roads]. *ПРОлес* (1-2): 23-53.
51. Сюнёв В.С., Соколов А.Р., Коновалов А.П., Катаров В.К., Селиверстов А.А., Герасимов Ю.Ю., Карвинен С., Вяльккю Э. 2008. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия [Comparison of wood harvesting methods in logging companies of the Republic of Karelia]. *ПРОлес* (1): 50-107.