

630<sup>x</sup>

МЭЗ

Учреждение образования  
"БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ"

УДК 630.30:658.51

**МАТВЕЙКО Александр Петрович**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ  
МАЛООТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РАЦИОНАЛЬНОГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ**

05.21.01 — Технология и машины лесозаготовок  
и лесного хозяйства

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Минск 2003

Работа выполнена в УО "Белорусский государственный технологический университет" на кафедре лесных машин и технологии лесозаготовок

Научный консультант доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники БССР, профессор Леонович И.И. (БНТУ, кафедра строительства и эксплуатации дорог)

Официальные оппоненты: доктор технических наук, действительный член РАЕН, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор Пятакин В.И. (С-Петербургская государственная лесотехническая академия, кафедра технологии лесопромышленных производств);

доктор технических наук, профессор Врублевская В.И. (УО "БелГУТ", кафедра деталей машин и подъемно-транспортных механизмов);

доктор технических наук, академик Международной Академии экологии Ермашкевич В.Н. (Институт экономики НАН Беларуси, отдел экономики ресурсного потенциала).

Оппонирующая организация Институт леса НАН Беларуси.

Защита состоится 16 декабря 2003 г. в 14.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.06 в Белорусском государственном технологическом университете по адресу: 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, корпус №4, ауд. 240.

Телефон ученого секретаря совета: 227-83-41. Просьба отзывы на автореферат присылать в двух экземплярах, заверенных печатью, по адресу: 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, ученому секретарю совета Д 02.08.06.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета.

Автореферат разослан 12 ноября 2003 г.

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций



С.П. Мохов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Экономия сырьевых и энергетических ресурсов и охрана окружающей среды являются одной из важнейших проблем, стоящих перед лесным комплексом Беларуси. Обусловлено это недостатком спелых насаждений, сложностью и длительностью воспроизводства лесов и тем, что лес является основным источником разнообразных видов древесного сырья для народного хозяйства, важнейшим из которых является древесина, получаемая при проведении рубок леса. Роль лесов постоянно возрастает также и как важнейшего фактора стабилизации окружающей природной среды, сохранения видового разнообразия природы. Это делает исключительно важной проблему их рационального и комплексного использования, которую без совершенствования лесозаготовительного производства и использования низкокачественного древесного сырья решить невозможно.

Несмотря на развитие науки и техники в области лесозаготовительного производства, до настоящего времени из общего запаса лесонасаждений, отводимых в рубку на каждой лесосеке, используется только стволовая древесина, что составляет 62...65 % биомассы, а остальная часть остается на лесосеках в виде отходов лесозаготовок и потерь древесины. Уменьшить отходы и потери и вовлечь в сферу производства низкокачественное древесное сырье возможно путем совершенствования технологий заготовки древесного сырья и применения приоритетных направлений его рационального использования. Наиболее совершенными являются малоотходные и безотходные технологии. Их применение позволяет увеличить выход древесного сырья с 1 га. Кроме того, таким образом возможно в известной мере компенсировать потери древесного сырья из-за загрязнения части лесов радионуклидами.

Таким образом, необходимость экономии лесосырьевых и энергетических ресурсов, охраны окружающей среды путем вовлечения в сферу производства ресурсов низкокачественного древесного сырья, отходов лесозаготовок и применения лесозаготовительных машин, наиболее полно отвечающих природно-производственным условиям, подтверждают актуальность и народнохозяйственное значение поиска новых технологических и технических решений и теоретических обоснований по совершенствованию лесозаготовительного производства.

Проблема эта сложна в связи с разнообразием природно-производственных условий и многопланова, так как должны при этом решаться не только вопросы заготовки и первичной обработки древесного сырья, охраны окружающей среды, но и направлений его дальнейшего использования.

Связь работы с крупными научными программами. Земельно-лесохозяйственные исследования проводились в соответствии с Программой 021

Госплана БССР. “Провести опытно-промышленную проверку технологии сводки древесно-кустарниковой растительности на объектах мелиорации, предусматривающей использование в промышленности древесного сырья”, входившей в План экономического и социального развития республики в 1977-1981 гг. (ГБ 1-83, № гос. регистрации 77062035); Координационным планом НИР высших учебных заведений Минвуза СССР на 1981-1985 гг. в области комплексного и рационального использования лесных ресурсов (ГБ 83-4, № гос. регистрации 01830074480) и Координационным планом научных исследований АН БССР по проблемам биосферы на 1981-1985 гг. (ГБ 83-11, № гос. регистрации 01830003938); Республиканской целевой комплексной научно-технической программой 33. 01 рц. “Разработать и внедрить ресурсосберегающие технологии и оборудование, обеспечивающие расширенное воспроизводство и рациональное использование древесных ресурсов в Белорусской ССР на 1988-1995 годы и на период до 2005 года” (“Древесные ресурсы”, ГБ 30-91, задание 02.01 “Разработать и внедрить в производство малоотходные технологические процессы рубок главного и промежуточного пользования, обеспечивающие рациональное использование биомассы”, № гос. регистрации 19941372) и Республиканской научно-технической программой, “Разработать и внедрить системы интенсивного ведения лесного хозяйства, ресурсосберегающие технику и технологии, обеспечивающие выполнение лесами эколого-экономических функций, уменьшение последствий аварии на Чернобыльской АЭС и рациональное использование ресурсов” (“Лес – экология и ресурсы”, БС-97-047, задание 10, этапы 10.04, 10.05 и 10.06, № гос. регистрации 19973221).

**Цель и задачи исследований.** Цель работы – совершенствование лесозаготовительного производства Беларуси и повышение его эффективности путем количественной и размерно-качественной оценки древесных ресурсов, создания и внедрения в производство научно обоснованных малоотходных технологий заготовки древесного сырья и применения рациональных направлений его использования, выработка научных и практических рекомендаций по созданию малоотходных и безотходных технологий.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- установить и классифицировать возможные источники древесного сырья и определить ресурсы низкокачественного сырья;
- определить и проанализировать размерно-качественные показатели различных видов древесного сырья, являющиеся важнейшими факторами при выборе технологий и систем машин для его заготовки;
- определить биометрические показатели вырубаемых деревьев при рубках ухода и проведении культуртехнических работ на заустаренных землях, необходимые для установления потенциальных ресурсов надземной фитомассы;

– создать научные основы малоотходных и безотходных технологических заготовок древесного сырья, разработать малоотходные технологические процессы для рубок главного и промежуточного пользования и других видов рубок и провести их производственную проверку, предложить типы машин и механизмов для реализации этих процессов;

– разработать теоретические основы определения максимальной производительности основных лесозаготовительных машин (валочных, валочно-пакетирующих, валочно-трелевочных и валочно-сучкорезно-раскряжевочных) и минимального расхода мощности на пиление древесины цепными пильными механизмами в конкретных природно-производственных условиях с учетом многих факторов;

– выбрать и обосновать эффективные способы и средства, обеспечивающие использование низкокачественного древесного сырья, и провести их опытно-промышленную проверку; исследовать пригодность щепы из древесно-кустарниковой растительности для плитных и гидролизных производств; выбрать и обосновать приоритетные направления использования низкокачественного древесного сырья в народном хозяйстве Беларуси;

– дать практические рекомендации по совершенствованию лесозаготовительного производства и повышению эффективности его работы.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования являются источники древесного сырья и древесные запасы по ним, а предметом исследования – дерево и его компоненты, а также древесное сырье, получаемое при рубках главного и промежуточного пользования и других видах рубок, и технологические процессы заготовки древесного сырья.

**Методология и методы проведения исследований.** Методология и методы исследований базировались на системном и комплексном аналитико-экспериментальном подходе, заключающемся в рассмотрении системы "природно-производственная среда и предмет труда – технологический процесс и машины – продукт труда и предприятия-потребителя", так как он позволяет получить наиболее достоверные выводы. На основании анализа исследований отечественных и зарубежных ученых по изучению параметров деревьев в спелых и не достигших возраста спелости лесах, технологии и механизации работ на рубках главного и промежуточного пользования, рациональному и комплексному использованию древесного сырья установлены факторы и показатели, позволяющие разрабатывать малоотходные и безотходные технологии, правильно выбирать типы машин для их реализации и приоритетные направления использования различных видов древесного сырья. Для получения этих показателей проведен необходимый объем экспериментальных исследований в лабораторных и производственных условиях. При выполнении экспериментальных исследований использовались методы планирования эксперимента, методика полевого опыта, теории вероятностей,

математическое моделирование и статистическая обработка результатов исследований.

**Научная новизна и значимость полученных результатов.** Они заключаются в следующем.

Установлены и впервые классифицированы все возможные источники древесного сырья в Беларуси; получены корреляционные уравнения связи между таксационными и биометрическими показателями вырубаемых деревьев при рубках ухода и проведении культуртехнических работ на закустаренных землях, а также между диаметром дерева в плоскости срезания и на высоте 1,3 м, и установлены процентные соотношения отдельных компонентов дерева для этих видов рубок, позволяющие определять потенциальные ресурсы надземной фитомассы по видам дополнительных источников древесного сырья в целом, по породам и с подразделением на стволовую древесину и другие компоненты дерева, разрабатывать технологии и выбирать машины для заготовки древесного сырья.

Разработаны научные основы малоотходных и безотходных технологий заготовки древесного сырья, отличающиеся от известных содержанием определений понятий этих технологий; научным подходом и методологией их создания; комплексом размерных и качественных показателей, характеризующих поступающие в рубку насаждения с учетом предложенной классификации источников сырья; комплексом показателей по природным условиям, что в совокупности служит объективными критериями для их создания и позволяет разрабатывать малоотходные и безотходные технологические процессы для различных видов рубок и выбирать типы машин для их реализации, наиболее полно отвечающие конкретным природно-производственным условиям и обеспечивающие существенное увеличение выхода древесного сырья с 1 га и заготовку его с меньшими затратами материальных и трудовых ресурсов в сравнении с применяемыми технологиями.

Впервые получены математические зависимости производительности основных лесозаготовительных машин и расхода мощности на пиленье древесины цепными пильными механизмами, учитывающие средний объем хлыста, расстояние трелевки, скорость движения машины, диаметр дерева, скорость резания и другие природные факторы и технологические параметры машин и механизмов, позволяющие определять максимальную производительность машин и минимальный расход мощности на валке деревьев, обрезке сучьев и раскряжке хлыстов в конкретных природно-производственных условиях, а также устанавливать параметры лесозаготовительной техники на стадии ее создания.

Определены размерно-качественные показатели низкосортного древесного сырья по породам, обоснованы приоритетные направления его рационального использования в Беларуси и предложены способы и средства обеспечения более полного использования биомассы вырубаемых деревь-

ев, что позволяет значительно экономить лесосырьевые и энергетические ресурсы, повышать эффективность лесозаготовительного производства.

Новизна технических и технологических решений, изложенных в диссертации, подтверждена 10 авторскими свидетельствами на изобретения и двумя патентами.

**Практическая значимость полученных результатов.** Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований позволяют:

- увеличить полезный выход древесного сырья с 1 га за счет применения малоотходных технологий в среднем на рубках главного пользования на 8% и снизить себестоимость 1 м<sup>3</sup> продукции на 8...12%; на рубках промежуточного пользования – соответственно на 12...15% и 5...25% в зависимости от вида рубки ухода;

- вовлечь в сферу производства древесное сырье, которое при традиционных технологиях лесозаготовок не использовалось и оставалось на лесосеках;

- снизить расход энергоресурсов в лесозаготовительном производстве за счет применения типов машин и механизмов, наиболее полно соответствующих конкретным природно-производственным условиям;

- анализировать эффективность работы основных лесозаготовительных машин в зависимости от различных природно-производственных факторов и технологических параметров машины и достигать максимальной их производительности в конкретных условиях;

- определять процентное соотношение отдельных частей дерева в свежесрубленном состоянии в разрезе пород и видов рубок, а следовательно, и потенциальные ресурсы надземной фитомассы по породам и видам рубок в целом и с подразделением на стволовую древесину, сучья и ветви, древесную зелень; правильно определять приоритетные направления использования продукции лесозаготовительного производства.

Разработанные малоотходные технологические процессы для рубок главного пользования внедрены в Бобруйском, Борисовском леспрохозах и в производственном лесозаготовительном объединении “Витебсклес”. Экономический эффект составил 1,25...1,49 руб. на 1 м<sup>3</sup> заготовленной продукции (в ценах на 01.01.1991 г.).

Разработанные малоотходные технологические процессы для рубок промежуточного пользования внедрены в Борисовском, Мозырьском, Речицком и Светлогорском лесхозах. Экономический эффект составил 0,40...2,01 руб. на 1 м<sup>3</sup> заготовленной продукции в зависимости от вида рубки ухода (в ценах на 01.01.1991 г.).

Разработанные универсальные энерго- и ресурсосберегающие чисторежущие круглые пилы внедрены в Осиповичском лесхозе. Экономический эффект составил 7 руб. 03 коп. на 1 м<sup>3</sup> произведенных пиломатериалов (в ценах на 01.01.1991 г.).

Результаты исследований по теме диссертации внедрены в учебный процесс в Белорусском государственном технологическом университете и используются при чтении лекций, выполнении курсовых и дипломных проектов и подготовке аспирантов, а также использованы при написании двух учебников "Технология и машины лесосечных работ", пособия "Справочник мастера лесозаготовок", монографии "Малоотходные и безотходные технологии в лесном хозяйстве и лесной промышленности", при разработке Стратегического плана развития лесного хозяйства Республики Беларусь на период до 2015 г.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.**

1. Новый системный и комплексный аналитико-экспериментальный подход к прогнозированию и разработке малоотходных и безотходных технологий и рациональных направлений использования древесного сырья, заключающийся в рассмотрении системы "природно-производственная среда и предмет труда – технологический процесс и машины – продукт труда и предприятия-потребители".

2. Классификация источников древесного сырья, древесные запасы по дополнительным источникам, корреляционные уравнения связи для определения размерных и биометрических показателей вырубаемых деревьев при рубках ухода и проведении культуртехнических работ на закустаренных землях.

3. Научные основы и методология создания малоотходных и безотходных технологий лесозаготовок, малоотходные технологии заготовки древесного сырья и приоритетные направления рационального использования биомассы вырубаемых деревьев.

4. Теоретические основы определения максимальной производительности основных лесозаготовительных машин и минимального расхода мощности на пиление древесины цепными пильными механизмами в конкретных природно-производственных условиях с учетом многих факторов.

5. Результаты исследований по определению размерных показателей древесного сырья дополнительных источников, параметров барабанной сортировки щепы и универсальных энерго- и ресурсосберегающих круглых пил для чистового пиления древесины.

**Личный вклад соискателя.** Результаты исследований получены соискателем при выполнении госбюджетных и хозяйственных научно-исследовательских работ, научным руководителем и исполнителем которых являлся автор. Без соавторства опубликованы монография объемом 5,9 печ. л., 11 научных статей и учебник объемом 21,0 печ. л.

**Апробация результатов диссертации.** Основные научные положения и результаты исследований были представлены в виде докладов и сообщений на международных научно-технических конфе-

ренциях: г. Москва – Рига, 1985 г.; г. Минск, 1995 г., 1998 г., 1999 г., 2000 г.; всесоюзных конференциях: г. Москва, 1980 г.; г. Минск, 1985 г.; г. Москва, 1987 г.; г. Ужгород, 1989 г.; г. п. Оленино Тверской обл., 1990 г.; всесоюзных совещаниях: г. Москва, 1977 г.; г. Рига, 1981 г.; пос. Каменноостровский Краснодарского края, 1983 г.; г. Архангельск, 1985 г., г. Шарья Костромской обл., 1986 г.; республиканских: г. Минск, 1979 г.; г. Витебск, 1981 г.; г. Ивано-Франковск, 1981 и 1982 гг.; г. Киев, 1983 г.; г. Минск, 1996 г. и ежегодных научно-технических конференциях БГТУ, г. Минск, 1977-2000 гг.

**Опубликованность результатов.** По материалам диссертации опубликовано: монография (84 с.), 43 статьи (182 с.), 19 материалов конференций и тезисов докладов (47 с.), пять материалов в экспресс-информациях и информационных листках (16 с.), два учебника (814 с), одно учебное (520 с) и два учебно-методических пособия (79 с), два справочные пособия (702 с), пять брошюр (306 с). Получено 10 авторских свидетельств на изобретения и два патента РФ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 6 глав, заключения, списка использованных источников, приложений и изложена на 288 страницах машинописного текста, включая 23 рисунка и 48 таблиц. Список использованных источников включает 262 наименования. Приложения на 89 страницах.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Современное состояние проблемы рационального и комплексного использования биомассы дерева**

Сохранение и приумножение лесных ресурсов является важной народнохозяйственной задачей. Ее решение возможно при условии рационального и полного использования не только стволовой древесины, но и вовлечения в сферу производства других компонентов дерева: вершины, сучьев, ветвей, древесной зелени и др.

Основными определяющими факторами при выборе технологических процессов, типов машин и механизмов для заготовки древесного сырья и направлений рационального его использования являются размерные и качественные показатели сырья. Для деревьев и хлыстов такими факторами являются их диаметр у пня и на высоте 1,3 м, длина, объем и масса, протяженность кроны, а для бревен, вершин и сучьев – диаметр в верхнем отрезе, длина, объем и масса; и для всех видов сырья – порода, почвенно-грунтовые условия и рельеф местности.

Изучением параметров деревьев в спелых лесонасаждениях Беларуси занимались О.А. Атрощенко, В.Ф. Багинский, В.Е. Ермаков и др. Однако их исследования были посвящены в основном изучению хода роста насаждений, а не параметров деревьев в лесоэксплуатационных целях. Раз-

мерные и качественные показатели деревьев в спелых лесах РФ наиболее полно изучены в лесозаготовительных целях В.С. Петровским.

По параметрам деревьев, вырубаемых при проведении рубок ухода, системные данные отсутствуют. Но имеются достаточно полные сведения о надземной фитомассе еловых и сосновых культур Беларуси, полученные А.М. Кожевниковым, В.Ф. Решетниковым, В.М. Ефименко, Л.П. Смоляком, А.И. Русаленко, Е.Г. Петровым, а по лиственнице – А.Д. Янушко. По фитомассе осины и ольхи, вырубаемых при всех видах рубок ухода, а также березы, вырубаемой при уходе в молодняках в возрасте до 10 лет такие сведения отсутствуют. Между тем, для решения вопросов использования тонкомерной древесины, сучьев, ветвей и древесной зелени, получаемых при рубках ухода, необходимо знать количество каждого из этих ресурсов. А это возможно, если известна функциональная связь между биометрическими и таксационными показателями по каждой породе.

Определением размерных показателей отходов лесозаготовок по главному пользованию занимались в Беларуси М.Н. Нашковский, а в РФ – А.К. Редькин, Е.К. Пашнин, В.С. Суханов, Л.А. Потапова и др. Ими было установлено, что на объемы образования этих отходов существенно влияют технология и механизация лесозаготовок и время года. Однако системные данные по этому вопросу отсутствуют, приводятся по бывшему СССР в целом, усреднены и не могут быть использованы применительно к лесам Беларуси.

Размерные показатели и функциональная связь между биометрическими и таксационными показателями древесной и кустарниковой растительности на землях, пригодных для перевода в сельскохозяйственные угодья не изучались. Имеются лишь данные о запасах этой растительности на 1 га площади. В целях промышленного использования древесно-кустарниковой растительности, удаляемой с закустаренных земель, в республике проделана значительная работа по разработке технологических процессов и выбору машин и механизмов для их реализации и в частности А.В. Вавиловым, В.П. Баранчиком, В.М. Мац, Ф.М. Олехновичем и др.

Рациональному и комплексному использованию биомассы деревьев, заготавливаемых при проведении рубок главного и промежуточного пользования посвящены работы многих ученых Беларуси, Российской Федерации, Латвии, Украины, Финляндии и некоторых других стран. Большая работа по рациональному и комплексному использованию низкокачественной древесины и древесных отходов проделана В.В. Коробовым, Г.М. Михайловым, Д.В. Можаявым, Н.П. Рушновым, В.С. Сухановым, Т.М. Шкиря и др. Вопросы использования древесной коры в народном хозяйстве детально изучены Д.Г. Веретенником, А.Н. Милиным, М.М. Цивиним, А.В. Житковым. Заготовке и использованию пнево-корневой древесины и всей биомассы дерева посвящены работы Б.А. Таубера. Использование древесных отходов в энергетических целях в бывшем СССР и за рубежом

подробно изучено С.И. Головковым и И.Ф. Копериным.

Вопросы заготовки и использования древесной зелени наиболее полно разработаны М.О. Даугавлетисом, И.К. Иевинем, Ю.Ю. Кевиньпем, Р.И. Томчук, Г.Н. Томчук и др.

Проблема использования биомассы дерева, а также тонкомерной древесины и отходов лесозаготовок, обстоятельно рассмотрена в работах М.И. Агеевой, И.С. Гелеса, З.К. Коржицкой (РФ), У.И. Галванса (Латвия), П. Хаккила (Финляндия) и др.

Проведенный анализ состояния проблемы показал, что несмотря на значительное количество выполненных работ она не решена в полном объеме применительно к условиям Беларуси. В этой связи дальнейшие исследования должны быть направлены на установление всех возможных источников древесного сырья и запасов по ним и получение полных данных о размерно-качественных показателях каждого вида сырья, на создание научных основ малоотходных и безотходных технологий заготовки древесного сырья, разработку малоотходных технологий и выбор наиболее эффективных типов машин и механизмов для реализации этих технологий; на изыскание наиболее эффективных направлений использования различных видов древесного сырья в Беларуси.

#### **Источники древесного сырья и их классификация, рациональные объемы его заготовки по видам источников**

Источниками древесного сырья могут быть накопленные древесные запасы, пригодные для заготовки различных лесоматериалов. До того, как получила развитие химико-механическая и химическая переработка древесины, источником древесного сырья были древесные запасы, сосредоточенные в спелых и не достигших возраста спелости лесах. Это основные (традиционные) источники древесного сырья для народного хозяйства. Древесные запасы в лесах гослесфонда называются лесосырьевыми ресурсами. Они и сейчас сохраняют свое доминирующее значение. Создание и развитие в Беларуси производств по химической и химико-механической переработке древесного сырья позволило не только расширить направления использования заготавливаемого древесного сырья. Оно обеспечило возможность использовать сырье с низкими размерно-качественными показателями, которое раньше не находило применения: тонкомерную древесину от рубок ухода; отходы лесозаготовок; древесно-кустарниковую растительность (ДКР), удаляемую с закустаренных земель, трасс линий электропередач, газо- и нефтепроводов и т.д. Что такое древесное сырье является полноценным, показывает не только отечественный опыт его использования, но и опыт таких стран, как Финляндия, Япония, США. Эти виды сырья следует считать дополнительными источниками древесного сырья. Исходя из этого, а также значимости и места нахождения источников древесного сырья, их можно классифицировать следующим образом

(рис. 1). Запасы древесного сырья по видам источников различны и неравнозначны по качеству, количеству и степени доступности для использования. Поэтому следует различать потенциальные, реальные и экономически доступные ресурсы древесного сырья.



Рис. 1. Классификация источников древесного сырья

Древесные запасы в лесах государственного лесного фонда значительны и оцениваются на 1-е января 2001 г. в 1,3 млрд. м<sup>3</sup>. Спелые и перестойные насаждения по площади составляют 7,9 % и древесные запасы в них сравнительно небольшие. Согласно прогнозным данным Института леса НАН Беларуси расчетная лесосека по главному пользованию в лесах Беларуси на 2001-2005 года составляет 6,88 млн. м<sup>3</sup>, в том числе деловая 5,37 млн. м<sup>3</sup>, из них в лесах Комлесхоза соответственно 6,18 и 4,84 млн. м<sup>3</sup> в год. Стратегическим планом развития лесного хозяйства Беларуси возможные ежегодные рубки ухода и выборочные санитарные рубки в 2001-2005 годах предусматриваются в среднем в объеме 5,89 млн. м<sup>3</sup>, в том числе деловая 3,66 млн. м<sup>3</sup>, из них в лесах Госкомлеса соответственно, 5,03 и 3,17 млн. м<sup>3</sup>.

Нами установлено, что при проведении рубок главного пользования образуется в среднем 98 м<sup>3</sup> отходов лесозаготовок на 1000 м<sup>3</sup> заготовленной древесины, в том числе на лесосеках 68 м<sup>3</sup> и 30 м<sup>3</sup> на нижних складах. Виды дополнительного древесного сырья, образующегося в лесозаготовительном производстве, даны на рис. 2. Проведенные исследования показали, что часть отходов в виде сучьев, ветвей, вершин, кусков стволовой дре-

веса и тонкомерных деревьев теряется в процессе заготовки, часть из них используется на технологические нужды (укрепление волоков и лесовозных усов, топливо), что составляет в среднем 40 %. Остальные 60 % отходов могут быть использованы для переработки на технологическую щепу для плитных и гидролизных производств.



Рис. 2. Классификация дополнительного древесного сырья, образующегося в лесозаготовительном производстве

Объем реальных отходов, образующихся на лесосеках в виде сучьев, ветвей, вершин и кусков стволовой древесины зависит от количества и качества отводимого в рубку лесосечного фонда, технологии лесосечных работ и может быть определен по предложенной нами формуле

$$Q_{\text{отх}} = 0,06Q - 0,05(Q_M + Q_T), \text{ м}^3, \quad (1)$$

где  $Q$  – объем лесозаготовок,  $\text{м}^3$ ;  $Q_M$  и  $Q_T$  – объемы соответственно мягколиственных и твердолиственных пород в лесосечном фонде.

При объеме лесозаготовок по главному пользованию 6 млн. м<sup>3</sup> в год можно получить из отходов лесозаготовок 240 – 260 тыс. м<sup>3</sup> древесного сырья для плитных и гидролизных производств.

Тонкомерные деревья ( $d_{1,3} \leq 12$  см) при проведении лесозаготовок в большинстве случаев оставляются на лесосеке. Нами установлено, что в лесосечном фонде лесозаготовительных предприятий (ЛЗП) республики тонкомерные деревья составляют в среднем 8...12 %. Как показали наши исследования, они являются полноценным сырьем для плитных производств.

Реальные ресурсы пнево-корневой древесины для канифольно-экстракционных предприятий согласно отраслевой методике определения вторичных материальных ресурсов в лесной и деревообрабатывающей промышленности составляют в среднем: пни 2,5 % от объема заготовленной древесины, а корни – 11 % от объема стволовой древесины. Исходя из того, что в Беларуси по отчетным данным Комлесхоза ежегодно вырубается в среднем 9000 га сосновых насаждений, нами определены реальные ресурсы пневого осмола и установлено, что в ближайшей перспективе можно заготавливать ежегодно 70 тыс. м<sup>3</sup> пневого осмола.

Древесные запасы на закустаренных землях, пригодных для перевода в сельскохозяйственные угодья, по данным наших исследований оцениваются в 10 млн. м<sup>3</sup>. Пока при проведении культуртехнических работ ежегодно на объектах мелиорации уничтожалось 600...700 тыс. м<sup>3</sup> ДКР. При рациональных способах сводки ДКР из нее можно заготавливать 400...450 тыс. м<sup>3</sup> древесного сырья.

Древесные запасы на трассах линий электропередач, газо- и нефтепроводов, на площадях, планируемых под добычу торфа, пока не изучены должным образом. По нашим оценкам они составляют 400...450 тыс. м<sup>3</sup>. Так как периодически (через 12...15 лет) ДКР надо удалять с трасс, ежегодно можно заготавливать около 40 тыс. м<sup>3</sup> древесного сырья.

Таким образом, при правильной организации лесопользования в ближайшей перспективе (до 2005г.) можно ежегодно заготавливать до 12,8 млн. м<sup>3</sup> древесного сырья, которых достаточно для удовлетворения потребностей страны. Однако из-за отсутствия в стране современных заводов по производству плит и целлюлозы отходы лесозаготовок, технологическое сырье из ДКР и частично дрова (около 1,6 млн. м<sup>3</sup>) пока не будут востребованы и их целесообразно использовать на топливо для получения тепловой энергии для бытовых и производственных целей вместо мазута и газа.

Установлено, что тепловая энергия, полученная на древесном топливе, в среднем в 2,5 раза дешевле, чем полученная при сжигании нефти и газа, а 3 кг сухой щепы заменяют 1 кг нефти. И если использовать для получения тепловой энергии только реальные отходы лесозаготовок и 50 % дров, можно сократить потребление нефти в стране на 500 тыс. тонн в год и в 2,5 раза снизить стоимость тепловой энергии.

Для выбора наиболее эффективных способов и средств заготовки древесного сырья и направлений его использования необходимы размерно-качественные показатели древесного сырья по каждому источнику.

### **Исследования размерно-качественных показателей древесного сырья в спелых и не достигших возраста спелости лесах и биометрических показателей вырубаемых деревьев при рубках ухода**

На выбор технологий и средств механизации для заготовки древесного сырья, наиболее эффективных направлений и объемов его использования влияют не только такие размерно-качественные показатели, как диаметр дерева на высоте груди и у пня, длина ствола, порода, деловая или дровяная древесина, категория крупности, но и биометрические—удельный вес таких компонентов дерева, как ствол, сучья и ветви, древесная зелень, протяженность кроны, зависящие от таксационных показателей вырубаемых деревьев.

По данным хода роста насаждений нами получены размерные показатели основных древесных пород в спелых лесах Беларуси в зависимости от объема хлыста. Анализ диаметров деревьев на высоте груди показал, что при разработке лесонасаждений с объемом хлыста до  $0,14 \text{ м}^3$  заготовка деловых сортиментов возможна в ограниченном количестве и только из комлевой части одного — двух наименований из-за малого диаметра ствола. Причем в насаждениях с объемом хлыста до  $0,1 \text{ м}^3$ , за исключением сосны и ели, деловые сортименты не могут быть получены. Ликвид из кроны возможен только при диаметрах деревьев на высоте груди более 20 см.

Системные данные о диаметре и длине вырубаемых деревьев при рубках ухода, протяженности и биомассе кроны отсутствуют. Для определения этих параметров нами были изучены 969 участков под рубки ухода и проведены экспериментальные работы на пробных площадях в ряде лесхозов республики. В результате обработки полученных данных были определены породный состав вырубаемых деревьев по видам рубок ухода, средний объем хлыста, распределение деревьев по диаметрам в % от общего числа вырубаемых деревьев и их размерно-качественные показатели. Распределение деревьев по диаметрам в % от числа вырубаемых дано на рис. 3.

Важными показателями при проектировании и выборе машин и механизмов для рубок ухода являются диаметр у пня ( $d_0$ ) и протяженность кроны ( $L_{кр}$ ). По данным наших исследований получены следующие уравнения связи между  $d_0$  и диаметром на высоте груди ( $d_{1,3}$ ) для молодняков и средневозрастных насаждений:

$$\text{сосна} \quad d_0 = 1,9748 + 1,0086 \cdot d_{1,3}, \quad (2)$$

$$\text{ель} \quad d_0 = 1,4654 + 1,4653 \cdot d_{1,3}, \quad (3)$$

$$\text{береза } d_o = 1,3029 + 1,033 \cdot d_{1,3}, \quad (4)$$

$$\text{ольха } d_o = 0,8605 + 1,0178 \cdot d_{1,3}, \quad (5)$$

$$\text{осина } d_o = 0,9439 + 1,0218 \cdot d_{1,3}, \quad (6)$$

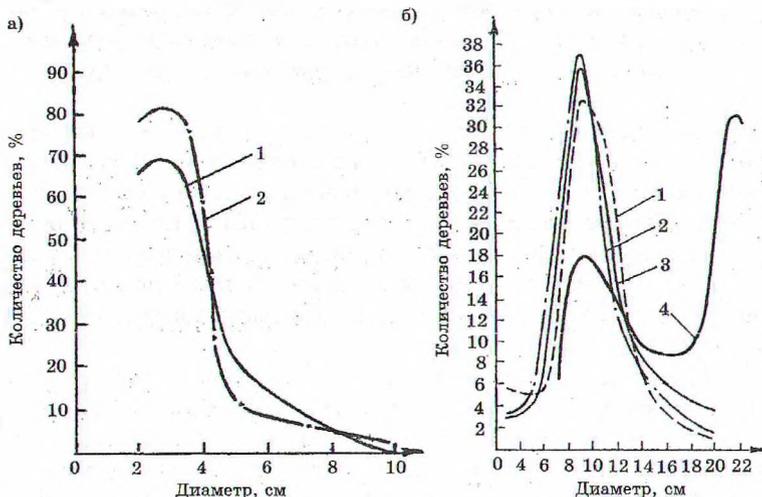


Рис. 3. Распределение деревьев по диаметрам в % от числа вырубаемых: а) в молодняках старше 10 лет: 1 – хвойные; 2 – мягколиственные; б) в средневозрастных и приспевающих насаждениях: 1 – хвойные; 2 – мягколиственные при первом прореживании; 3 – хвойные; 4 – мягколиственные при втором прореживании

Протяженность кроны зависит в основном от диаметра на высоте груди ( $d_{1,3}$ ) и высоты дерева ( $H$ ). По данным наших исследований имеем:

для осины (уход в молодняках до 10 лет)

$$L_{кр} = 1,7625 + 1,3315 \cdot H, \quad (7)$$

для березы (уход в молодняках до 10 лет)

$$L_{кр} = 0,336 + 0,7193 \cdot H + 0,6402 \cdot \lg d_{1,3}, \quad (8)$$

Коэффициенты в приведенных уравнениях значимы по критерию Стьюдента, а коэффициенты множественной корреляции равны соответственно 0,952 и 0,963. Для других пород и видов рубок ухода коэффициент корреляции в этих уравнениях по данным наших измерений оказался невысоким (0,32...0,59).

Получаемые в процессе рубок ухода тонкомерная древесина, хвоя, ветви и листья являются ценным технологическим сырьем для получения многих продуктов. Для решения вопросов их использования необходимо знать количество каждого компонента биомассы дерева, что возможно, ес-

ли известна функциональная связь между биометрическими и таксационными показателями дерева. По фитомассе осины, ольхи, а также березы при уходе в молодняках до 10 лет в литературе данных нет. Для получения этих данных и установления связей между биометрическими и таксационными показателями были выполнены экспериментальные работы. Данные экспериментов были обработаны на ЭВМ с использованием методов корреляционного и регрессионного анализов. При этом для каждой породы и вида рубок ухода проверялись уравнения связи:

$$y = a + b \cdot x, \quad (9)$$

$$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2, \quad (10)$$

$$y = a + b \cdot \lg x. \quad (11)$$

Коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$  вычислялись по способу наименьших квадратов, а их значимость определялась по  $t$ - критерию Стьюдента ( $t \geq 2$ ). Из полученных уравнений связи выбиралось лучшее. Достоверность регрессии определялась по критерию Фишера ( $F \geq 4$ ) и величине коэффициента множественной корреляции ( $R \geq 0,8$ ). Уравнения, не удовлетворяющие этим условиям, отбрасывались.

Виды связей между таксационными и биометрическими показателями были приняты следующие:

$$\Phi_{\text{суч}} = f(d_{1,3}); \quad (12)$$

$$\Phi_{\text{ств.}} = f(d_{1,3}); \quad (13)$$

$$\Phi_{\text{общ}} = f(d_{1,3}); \quad (14)$$

$$\Phi_{\text{суч}} = f(\Phi_{\text{общ}}); \quad (15)$$

$$\Phi_{\text{зел}} = f(\Phi_{\text{общ}}), \quad (16)$$

где  $\Phi$  – фитомасса соответствующего компонента вырубаемых деревьев.

Полученные уравнения связи между биометрическими и таксационными показателями вырубаемых деревьев приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уравнения связи между таксационными и биометрическими показателями дерева

Порода	Уравнение связи	Коэффициент корреляции
Уход в молодняках до 10 лет		
Осина	$\Phi_{\text{суч}} = -1,36448 + 0,8874 \cdot d_{1,3}$	0,867
	$\Phi_{\text{ств.}} = -2,37318 + 1,9793 \cdot d_{1,3}$	0,891
	$\Phi_{\text{общ}} = -3,94878 + 3,1214 \cdot d_{1,3}$	0,883
	$\Phi_{\text{суч}} = -0,24226 + 0,28444 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,983
	$\Phi_{\text{зел}} = -0,07729 + 0,8954 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,676

Порода	Уравнение связи	Коэффициент корреляции
Береза	$\Phi_{\text{суч}} = -0,83785 + 0,70393 \cdot d_{1,3}$	0,938
	$\Phi_{\text{ств}} = -1,32409 + 1,55623 \cdot d_{1,3}$	0,967
	$\Phi_{\text{общ}} = -2,55704 + 2,62792 \cdot d_{1,3}$	0,967
	$\Phi_{\text{суч}} = -0,16387 + 0,27106 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,981
	$\Phi_{\text{зел}} = -0,60353 + 0,13927 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,974
Ольха	$\Phi_{\text{суч}} = -1,98365 + 0,94974 \cdot d_{1,3}$	0,966
	$\Phi_{\text{ств}} = -4,39016 + 1,94709 \cdot d_{1,3}$	0,987
	$\Phi_{\text{общ}} = -6,37381 + 2,89683 \cdot d_{1,3}$	0,986
Уход в молодняках старше 10 лет		
Осина	$\Phi_{\text{суч}} = -42,96983 + 4,74887 \cdot d_{1,3}$	0,952
	$\Phi_{\text{ств}} = -125,2366 + 16,76285 \cdot d_{1,3}$	0,954
	$\Phi_{\text{общ}} = -177,3653 + 22,6641 \cdot d_{1,3}$	0,956
	$\Phi_{\text{суч}} = -5,77184 + 0,20917 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,981
	$\Phi_{\text{зел}} = -0,13169 + 0,05077 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,997
Ольха	$\Phi_{\text{суч}} = -33,65688 + 3,62037 \cdot d_{1,3}$	0,832
	$\Phi_{\text{ств}} = -77,78619 + 12,18604 \cdot d_{1,3}$	0,888
	$\Phi_{\text{общ}} = -114,04747 + 16,21518 \cdot d_{1,3}$	0,902
	$\Phi_{\text{суч}} = -8,00352 + 0,22075 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,912
	$\Phi_{\text{зел}} = -0,32762 + 0,02446 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,809
Второе прореживание		
Осина	$\Phi_{\text{суч}} = -23,92941 + 2,75294 \cdot d_{1,3}$	0,979
	$\Phi_{\text{ств}} = -181,8623 + 21,01959 \cdot d_{1,3}$	0,978
	$\Phi_{\text{общ}} = -216,76385 + 25,02643 \cdot d_{1,3}$	0,978
	$\Phi_{\text{суч}} = -0,06294 + 0,10991 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,999
	$\Phi_{\text{зел}} = -0,09419 + 0,05003 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,999
Ольха	$\Phi_{\text{суч}} = -22,3667 + 2,01429 \cdot d_{1,3}$	0,999
	$\Phi_{\text{ств}} = -367,0 + 32,1428 \cdot d_{1,3}$	0,999
	$\Phi_{\text{общ}} = -399,2181 + 34,97862 \cdot d_{1,3}$	0,999
	$\Phi_{\text{суч}} = -0,63374 + 0,05755 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,999
	$\Phi_{\text{зел}} = -0,54603 + 0,0237 \cdot \Phi_{\text{общ}}$	0,971

Примечание: в уравнениях связи диаметр в см, а фитомасса в кг.

По полученным уравнениям связи и литературным данным установлены процентные соотношения отдельных частей дерева в разрезе пород и видов рубок ухода, используя которые можно определить потенциальные ресурсы, надземной фитомассы каждого компонента: стволовой древесины, сучьев и ветвей, древесной зелени.

Графические зависимости между диаметром ствола  $d_{1,3}$  и фитомассой дерева для отдельных пород даны на рис. 4.

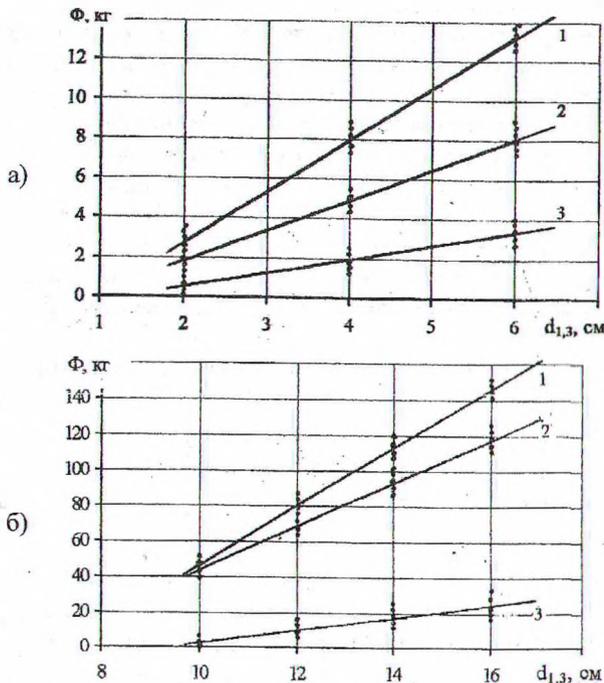


Рис. 4. Зависимость между диаметром дерева  $d_{1,3}$  и фитомассой дерева  $\Phi$ : а) в молодняках до 10 лет (береза); б) первое прореживание (ольха); 1 – общая масса надземной части дерева; 2 – ствол; 3 – сучья и ветви

Исследования показали, что по всем породам с увеличением возраста количество стволовой древесины возрастает, а древесной зелени уменьшается.

**Исследования размерно-качественных и биометрических показателей древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на закустаренных землях, отходов лесозаготовок и других вторичных древесных ресурсов, образующихся в лесозаготовительном производстве**

Проблема заготовки и использования древесно-кустарниковой растительности (ДКР) не решена и пока при проведении культуртехнических работ на закустаренных землях ДКР уничтожается. Для ее решения необходимо знать показатели, характеризующие ДКР как предмет труда и как сырье для промышленности, а также природно-производственные условия,

535 дисс

Беларуская дзяржаўная  
тэхналагічная ўніверсітэт

таксационные и биометрические показатели. Известно лишь, что в ДКР преобладают в основном такие листовые породы, как ольха, береза, ива, а запасы ДКР на 1 га колеблются от 5 до 40 м<sup>3</sup> и более.

Размерно-качественные показатели ДКР были получены экспериментально путем закладки пробных площадей на объектах мелиорации в различных растительных ассоциациях, которые были определены путем обработки данных проектной документации на строительство 414 объектов мелиорации общей площадью 11,6 тыс. га. Для получения биометрических показателей ДКР было срублено 244 дерева, произведены необходимые измерения, которые затем обрабатывались на ЭВМ методами математической статистики. Установлено, что 98 % деревьев имеют диаметр на высоте груди до 8 см и 85 % – длину от 2 до 5 м. Заготовка сортиментов из такой ДКР нецелесообразна и наиболее эффективно ее перерабатывать на щепу.

Получены следующие уравнения связи между диаметром в плоскости среза ( $d_0$ ) и диаметром на высоте груди ( $d_{1,3}$ ) дерева:

$$\text{Ольха} \quad d_0 = 0,7099 + 1,1998 \cdot d_{1,3}, \quad (17)$$

$$\text{Береза} \quad d_0 = 1,1524 + 1,1852 \cdot d_{1,3}, \quad (18)$$

$$\text{Ива} \quad d_0 = 0,9849 + 1,0440 \cdot d_{1,3}, \quad (19)$$

$$\text{Осина} \quad d_0 = 0,7934 + 1,2068 \cdot d_{1,3}. \quad (20)$$

Тесная взаимосвязь между протяженностью кроны и диаметром дерева на высоте груди и высотой дерева не установлена. Для всех пород коэффициент множественной корреляции оказался низким (0,3...0,56).

Масса дерева ( $M_d$ ), ствола ( $M_c$ ), сучьев и ветвей ( $M_{кр}$ ) в зависимости от диаметра на высоте груди ( $d_{1,3}$ ) и высоты дерева ( $H$ ) определялись для всех пород по уравнениям связи вида:

$$y = a + b d_{1,3}, \quad (21)$$

$$y = a + b l g d_{1,3}, \quad (22)$$

$$y = a + b d_{1,3} + c H, \quad (23)$$

$$y = a + b l g d_{1,3} + c l g H, \quad (24)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коэффициенты, зависящие от диаметра и высоты ДКР.

В результате статистической обработки данных измерений на пробных площадях получены уравнения связи между биометрическими и таксационными показателями, приведенные в табл. 2.

Графическая зависимость массы частей дерева от  $d_{1,3}$  дана на рис. 5.

По полученным уравнениям связи, приведенным в табл. 2, определено процентное соотношение отдельных частей дерева по массе в свежесрубленном состоянии в разрезе пород. Установлено, что в зависимости от породы и диаметра стволовая древесина составляет 63...86 % от общего количества надземной фитомассы ДКР и с увеличением диаметра доля стволовой древесины уменьшается.

Таблица 2

Уравнения связи между таксационными показателями и массой дерева ( $M_d$ ), массой ствола ( $M_c$ ), массой сучьев и ветвей ( $M_{кр}$ )

Порода	Вид и уравнение связи	Коеф-фициент корреляции	Стандартная ошибка оценки	t- критерий Стьюдента
Ольха	$M_d = -5,40833 + 3,32441 d_{1,3}$	0,97	1,18	35,96
	$M_c = -3,7539 + 2,55125 d_{1,3}$	0,97	0,93	35,27
	$M_{кр} = -1,6573 + 0,7741 d_{1,3}$	0,87	0,62	15,91
	$M_c = -5,697 + 2,122 d_{1,3} + 0,7612 H$	0,97	0,87	15,39
Осина	$M_d = -3,69413 + 2,91083 d_{1,3}$	0,92	1,01	6,93
	$M_c = -2,3327 + 2,0057 d_{1,3}$	0,92	0,68	7,12
	$M_{кр} = -1,3613 + 0,9052 d_{1,3}$	0,90	0,34	6,30
Береза	$M_d = -2,1088 + 2,391 d_{1,3}$	0,97	0,41	11,15
	$M_c = -1,2837 + 1,6073 d_{1,3}$	0,97	0,28	11,40
	$M_{кр} = -0,8251 + 0,7837 d_{1,3}$	0,94	0,18	8,11
Ива	$M_d = 4,3768 + 3,4121 d_{1,3}$	0,82	0,58	10,30
	$M_c = -1,9858 + 2,0826 d_{1,3}$	0,87	0,50	12,80
	$M_{кр} = -2,3910 + 1,3295 d_{1,3}$	0,91	0,34	16,44

Примечание: в уравнениях связи диаметр дерева в см, высота в м, а масса частей дерева в кг.

Таким образом ДКР по своим размерно-качественным показателям пригодна только для переработки на щепу из-за малых диаметров. Причем заготовленную ДКР следует перерабатывать на щепу вместе с кроной, так как удаление сучьев и ветвей в этом случае нецелесообразно и экономически не выгодно. При этом выход древесного сырья с 1 га увеличится в среднем на 26 %.

В процессе заготовки, первичной обработки, частичной переработки древесного сырья в лесозаготовительном производстве на различных его стадиях часть этого сырья не используется из-за низкой товарной ценности, а часть превращается в отходы, которые в большинстве случаев тоже не используется.

На основании наших исследований и имеющихся в литературе данных установлены размерные показатели древесных отходов и низкокачественной древесины, образующихся в лесозаготовительном производстве (рис. 2), которые необходимо учитывать при решении вопросов использования этих видов сырья. Наиболее значимыми в количественном отношении и слабо изученными в Беларуси являются такие древесные отходы, как сучья, вершины, обломки хлыстов. Для получения размерно-качественных показателей этих отходов в местах их концентрации нами и М.Н. Пашков-

ским (под нашим научным руководством) были выполнены соответствующие исследования на вырубленных лесосеках с различным породным составом, средним объемом хлыста и различными почвенно-грунтовыми условиями. Для этого было заложено 56 пробных площадей общей площадью 220,7 га. В результате статистической обработки данных измерений на пробных площадях установлены размеры и объемы основных видов отходов, образующихся на лесосеках при проведении рубок главного пользования.

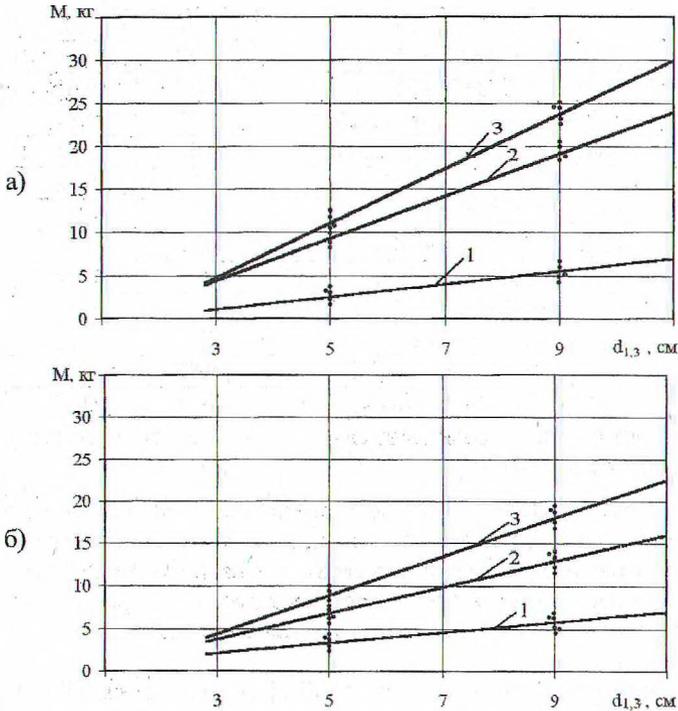


Рис. 5. Зависимость массы частей дерева от диаметра: а – ольха; б – береза; 1 – крона; 2 – ствол; 3 – общая масса надземной части дерева

Установлено, что на 1 га вырубленной лесосеки остается в среднем  $15 \text{ м}^3$  отходов лесозаготовок, что составляет  $68 \text{ м}^3$  отходов на  $1000 \text{ м}^3$  заготовленной древесины, и колеблется в широких пределах: от  $2,5 \text{ м}^3$  до  $47 \text{ м}^3$  на 1 га, так как на объемы образования отходов на лесосеках влияют технология и механизация лесосечных работ, породный состав и возраст насаждений, квалификация рабочих и другие факторы. Около 40 % образовавшихся на лесосеках отходов используется на технологические и бытовые нужды, а остальные 60 % могут быть использованы для переработки на технологическую щепу. Однако заготовка, погрузка и вывозка техно-

гического сырья из этих отходов практически равноценна организации повторных лесозаготовок на вырубленных лесосеках и экономически не оправдана. Необходимость рационального и полного использования отводимого в рубку лесфонда требует разработки и внедрения в производство более совершенных технологий заготовки древесного сырья, обеспечивающих их малоотходное производство.

### **Научные основы малоотходных и безотходных технологий заготовки древесного сырья**

И отечественный, и зарубежный опыт показывает, что успешному решению проблем экономики сырьевых, энергетических ресурсов и охраны окружающей среды во многом будет способствовать создание и внедрение в производство малоотходных и безотходных экологически чистых технологий и применение для их реализации экономичных и высокопроизводительных машин, удовлетворяющих экологическим требованиям. Однако до настоящего времени применительно к лесной промышленности нет четких определений, какую технологию следует считать малоотходной, а какую – безотходной. Не обоснованы научный подход и критерии, которыми необходимо руководствоваться при разработке этих технологий. Отсутствуют также и математические зависимости для определения максимальной производительности лесозаготовительных машин и минимального расхода мощности на пиление древесины цепными пильными механизмами в конкретных природно-производственных условиях с учетом многих факторов.

Нами сформулированы следующие определения понятий малоотходной и безотходной технологий лесозаготовок.

**Малоотходная** технология лесозаготовок - это система технологических процессов, позволяющая вовлекать в сферу производства не только ликвидную древесину, но и значительную часть неликвидной, и обеспечивающая использование надземной биомассы дерева на 80 % и более, без нарушения нормального функционирования окружающей среды.

**Безотходная** технология лесозаготовок -- это система технологических процессов, обеспечивающих полное и комплексное использование биомассы растущего дерева путем заготовки основной продукции и промежуточных продуктов, свойственных этой стадии процесса, без нарушения нормального функционирования окружающей среды.

Эти понятия согласуются с рекомендациями Ташкентского семинара ЕЭК ООН по малоотходной технологии, принятыми в 1984 г. Они не абсолютны и их следует соотносить с конкретной стадией производственного процесса лесозаготовок (лесосечными, лесоскладскими работами и т.д.) и видом продукции, получаемой на этой стадии процесса. Однако в ближайшей перспективе безотходная технология лесосечных работ не реализуема в силу ряда объективных и субъективных факторов. С экологиче-

ской точки зрения такая технология в лесу не всегда целесообразна, так как ее применение может привести к обеднению почвы питательными веществами, что отрицательно скажется на лесовосстановлении.

Безотходная технология на основных лесоскладских работах более реальна и целесообразна. И необходимо стремиться к стопроцентному использованию доставленного древесного сырья на выпуск продукции, свойственной данной стадии процесса.

В качестве научного подхода выбран системный и комплексный аналитико-экспериментальный подход, заключающийся в рассмотрении системы "природно-производственная среда и предмет труда – технологический процесс и машины – продукт труда и предприятия-потребителя".

На основании анализа факторов, влияющих на технологию и механизацию лесозаготовок, и направлений рационального и комплексного использования различных видов древесного сырья нами выбраны и обоснованы показатели в качестве критериев для разработки малоотходных и безотходных технологий заготовки древесного сырья. Такими показателями являются размерные (диаметр у пня и на высоте груди, высота деревьев, протяженность кроны), качественные (количество деловых и дровяных деревьев в насаждении, категория крупности, породный состав) показатели лесонасаждений, поступающих в рубку, природные условия (рельеф местности, несущая способность грунтов, ликвидный запас древесины на 1 га, количество и высота подроста хозяйственно ценных пород на 1 га). По размерно-качественным показателям и породе представляется возможным определить виды продукции, которую можно заготовить в данных насаждениях, а следовательно и технологию получения этой продукции, и типы машин для реализации данной технологии. Природные условия позволяют оценить, насколько выбранная технология и типы машин им соответствуют, и при необходимости внести коррективы.

Разработанная малоотходная технология лесозаготовок подлежит проверке насколько она эффективна с экономической точки зрения. Наиболее объективным и обоснованным критерием эффективности будут минимальные затраты на получение продукции заданного наименования и качества, которые выражаются неравенством

$$C \geq 3П_3 + 3П_Т, \quad (25)$$

где  $C$  - предельная стоимость  $1 \text{ м}^3$  продукции заданного наименования и качества;  $3П_3$  - приведенные затраты на заготовку  $1 \text{ м}^3$  продукции заданного наименования и качества;  $3П_Т$  - приведенные затраты на транспортировку  $1 \text{ м}^3$  продукции потребителю.

Принятый критерий эффективности позволяет учесть общественно оправданные затраты на производство продукции по тому или иному технологическому процессу с применением тех или иных машин и механизмов. Причем очевидно, что на величину приведенных затрат на заготовку  $1 \text{ м}^3$  продукции будет существенно влиять производительность применяе-

мых лесозаготовительных машин и механизмов в данных конкретных природно-производственных условиях.

Основываясь на созданных научных основах, нами разработаны следующие малоотходные технологические процессы заготовки древесного сырья при проведении рубок по главному, промежуточному лесопользованию и на закустаренных землях. Используя символику, в сжатой форме эти технологические процессы следующие:

для рубок главного пользования

$$\text{Щ}_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + Т + \frac{И}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС},$$

$$\text{Щ}_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + \frac{И}{Л} + Т + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС},$$

$$С, \text{Щ}_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + Т + \frac{Р}{ВС} + \frac{И}{ВС} + \frac{ПС}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС},$$

$$Х, \text{Щ}_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + Т + \frac{ОС}{ВС} + \frac{Ш}{ВС} + \frac{И}{ВС} + \frac{ПХ}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС},$$

$$С, \text{Щ}_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + Т + \frac{ОС}{ВС} + \frac{Р}{ВС} + \frac{СШ}{ВС} + \frac{И}{ВС} + \frac{ПС}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС};$$

для рубок промежуточного пользования:

в молодняках

$$\text{Щ}_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + \frac{С_К}{Т_К} + Т + \frac{И}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС},$$

$$\text{Щ}_Т, Д_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + \frac{С_К}{Т_К} + Т + \frac{О_3}{ВС} + \frac{И}{ВС} + \frac{\text{ПД}_3}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_Т}{ВС},$$

$$\text{Щ}_Т, Д_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + \frac{С_К}{Т_К} + Т + \frac{И}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС} + \text{Выв.Щ}_3 + \frac{СЩ_3}{НС};$$

в средневозрастных насаждениях

$$\text{Щ}_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + Т + \frac{И}{ВС} + \frac{\text{ПД}_3}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС},$$

$$\text{Щ}_Т, Д_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + Т + \frac{И}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС} + \text{Выв.Щ}_3 + \frac{СЩ_3}{НС},$$

$$С, \text{Щ}_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + Т + \frac{Р}{ВС} + \frac{СШ}{ВС} + \frac{И}{ВС} + \frac{ПС}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС},$$

$$С, \text{Щ}_Т, Д_3 \rightarrow \frac{В}{Л} + Т + \frac{И}{ВС} + \frac{\text{ПЩ}_3}{ВС} + \text{Выв.Щ}_3 + \frac{СЩ_3}{НС};$$

для заготовки ДКР на закустаренных землях

$$\begin{aligned} \text{Щ}_3 &\rightarrow \frac{\text{СрП}}{\text{Л}} + \text{T} + \frac{\text{И}}{\text{ВС}} + \frac{\text{ПЩ}_3}{\text{ВС}}, \\ \text{Щ}_3 &\rightarrow \frac{\text{СрП}}{\text{Л}} + \frac{\text{И}}{\text{Л}} + \text{T} + \frac{\text{ПЩ}_3}{\text{ВС}}. \end{aligned}$$

Здесь: Щ<sub>3</sub> - зеленая щепа; С - сортименты; Х - хлысты; Щ<sub>Г</sub> - технологическая щепа; Д<sub>3</sub> - древесная зелень; В - валка; Т - трелевка (транспортровка); П - погрузка; Р - раскряжевка; И - измельчение; ОС - очистка сучьев; СШ - сортировка-штабелевка; С<sub>к</sub> - складирование деревьев; О<sub>3</sub> - отделение зелени; Выв - вывозка; СЩ<sub>3</sub> - сортировка зеленой щепы; СрП - срезание и пакетирование ДКР; Л - лесосека; ВС - верхний склад; Т<sub>к</sub> - технологический коридор; НС - нижний склад.

По разработанным технологическим процессам заготовки древесного сырья определены условия их эффективного применения и типы машин и механизмов для реализации этих процессов. Малоотходные технологии прошли производственную проверку и получены положительные результаты.

Для реализации того или иного технологического процесса важно выбрать такие машины и механизмы, которые были бы наиболее производительны и экономичны в данных природно-производственных условиях. Для этого нами были получены математические зависимости, позволяющие детально анализировать производительность основных лесозаготовительных машин и расход мощности на спиливание деревьев, обрезку сучьев и раскряжевку хлыстов цепными пильными механизмами:

для валочных и валочно-пакетирующих машин

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-3}) \phi_1 V_{п}}{\frac{10000V_{п}}{bQv_{дв}} + \left[ t_2 + \frac{V_{хл}}{n_{пил} \phi_2 f(H-1,3)} + t_4 + t_5 \right] \frac{V_{п}}{V_{хл}} + t_6}; \quad (26)$$

для валочно-трелевочных машин

$$\Pi = \frac{(T - t_{п-3}) \phi_1 V_{п}}{\frac{10000V_{п}}{bQv_{дв}} + \left[ t_2 + \frac{V_{хл}}{n_{пил} \phi_2 f(H-1,3)} + t_4 + t_5 \right] \frac{V_{п}}{V_{хл}} + \frac{S}{v_{Г}} + \frac{S}{v_{Х}} + t_6}, \quad (27)$$

где Т - продолжительность смены; с; t<sub>п-3</sub> - время на выполнение подготовительно-заключительных операций; с; φ<sub>1</sub> - коэффициент использования рабочего времени; V<sub>п</sub> - объем пачки деревьев, формируемой машиной, м<sup>3</sup>; b - ширина полосы леса, разрабатываемая машиной за один проход, м; Q - эксплуатационный запас древесины на 1 га, м<sup>3</sup>; v<sub>дв</sub> - средняя скорость дви-

жения машины при переездах с одной технологической стоянки на другую (от одного дерева к другому), м/с;  $t_2$  - время на подготовку дерева к спиливанию, с;  $V_{хл}$  - средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  $\Pi_{пил}$  - производительность чистого пиления срезающего механизма, м<sup>2</sup>/с;  $\varphi_2$  - коэффициент использования срезающего механизма по производительности чистого пиления;  $f$  - видовое число ствола дерева, зависящее от коэффициента формы ствола;  $H$  - средняя высота дерева в разрабатываемом насаждении, м;  $t_4$  - время на сталкивание (повал) спиленного дерева, с;  $t_5$  - время на укладку спиленного дерева в пакетформирующее устройство (коник), включая и время на открытие и закрытие устройства, или на землю, с;  $S$  - среднее расстояние трелевки, м;  $v_r$  - средняя скорость движения машины с грузом (пачкой деревьев) на погрузочный пункт, м/с;  $v_x$  - средняя скорость движения машины без груза (порожняком) на лесосеку, м/с;  $t_6$  - время на сброску (разгрузку) пачки деревьев с машины на землю и выравнивание, при необходимости, комлей, с;

для валочно-сучкорезно-раскряжевых машин:

— манипуляторного типа

$$\Pi = \frac{10^{-4} (T - t_{п-3}) \cdot \varphi_1 \cdot a \cdot b \cdot Q_{га} \cdot i}{\frac{a}{\vartheta_{дв}} \left[ t_2 + \frac{V_{хл}}{\Pi_{пил} \varphi_2 f (H-1,3)} + t_4 + \frac{H - kH - l_B}{u_{ср}} + \frac{\pi d_{ср}^2 (H - l_B)}{4 \Pi_{пил} \varphi_2 l_{ср}} \right] \frac{ab Q_{га} i}{10^4 \cdot V_{хл}}}; \quad (28)$$

•— не манипуляторного типа

$$\Pi = \frac{10^{-4} (T - t_{п-3}) \cdot \varphi_1 \cdot a \cdot b \cdot Q_{га} \cdot i}{\frac{10^4 \cdot V_{хл}}{Q_{га} i b \vartheta_{дв}} + t_2 + \frac{V_{хл}}{\Pi_{пил} \varphi_2 f (H-1,3)} + t_4 + \frac{H - kH - l_B}{u_{ср}} + \frac{\pi d_{ср}^2 (H - l_B)}{4 \Pi_{пил} \varphi_2 l_{ср}}}, \quad (29)$$

где  $T$  - продолжительность смены, с;  $t_{п-3}$  - время на подготовительно-заключительные операции, с;  $\varphi_1$  - коэффициент использования рабочего времени;  $a$  - ширина осваиваемой ленты, м;  $b$  - ширина разрабатываемой полосы леса, м;  $Q_{га}$  - ликвидный запас древесины на 1 га, м<sup>3</sup>;  $i$  - интенсивность рубки насаждения в долях;  $t_2$  - время на подготовку дерева к спиливанию, с;  $V_{хл}$  - средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  $\vartheta_{дв}$  - средняя скорость переездов ВСРМ, м/с;  $t_4$  - время на сталкивание (повал) дерева, с;  $\Pi_{пил}$  - производительность чистого пиления пильного механизма, м<sup>2</sup>/с;  $\varphi_2$  - коэффициент использования  $\Pi_{пил}$ ;  $f$  - видовое число ствола дерева;  $H$  - средняя высота спиливаемых деревьев, м;  $k$  - коэффициент совмещения операций;  $l_B$  - средняя длина вершины дерева, не подлежащая очистке от сучьев, м;  $u_{ср}$  - средняя скорость протаскивания дерева через сучкорезный механизм, м/с;  $d_{ср}$  - средний диаметр пропилов, м;  $l_{ср}$  - средняя длина выпиленных сортиментов, м.

Развернутая формула мощности, расходуемой на пиление цепным пильным механизмом лесозаготовительных машин, цепными моторными пилами, имеет следующий вид:

$$N_p = \frac{K_w b h u (1 + 0,8\mu) + (2,08q l + 0,08F_0) v}{\eta}, \quad (30)$$

где  $K_w$  - удельная работа резания, Дж/м<sup>3</sup>;  $b$  - ширина пропила, м;  $h$  - высота пропила, м; для круглых лесоматериалов  $h = 0,8d$ ;  $u$  - скорость подачи, м/с;  $\mu$  - коэффициент трения пильной цепи о шину;  $q$  - вес пильной цепи на погонной длине 1 м, Н;  $l$  - длина пильной шины, м;  $F_0$  - монтажное натяжение пильной цепи, Н;  $v$  - скорость резания, м/с;  $\eta$  - коэффициент полезного действия передачи от двигателя к пильной цепи.

Используя формулы 26, 27, 28, 29, 30 представляется возможным определять производительность лесозаготовительных машин и расход мощности на пиление в зависимости от технологических параметров машин и механизмов и различных природно-производственных факторов. Наряду с этим, используя данные формулы, можно находить технологические параметры машин и механизмов для данных природно-производственных условий, при заданных предельных значениях производительности машин или мощности пильных механизмов. Таким образом, представляется возможным с достаточной для практических целей точностью определять многие технологические параметры лесозаготовительных машин и пильных механизмов уже на стадии их создания.

### **Определение рациональных направлений использования низкокачественного древесного сырья в деревоперерабатывающих производствах**

В зависимости от размерно-качественных показателей поступающих в рубку лесонасаждений разработанные малоотходные технологические процессы предусматривают заготовку следующих четырех видов продукции: сортиментов различного назначения, технологической щепы для плитных и гидролизных производств, топливной щепы и древесной зелени. Причем технологическая щепка получается, как правило, путем сортировки (сепарации) заготовленной зеленой щепы. Топливная щепка может заготавливаться или получаться в результате сортировки зеленой щепы.

Проведенный анализ направлений использования различных видов древесного сырья показал, что для обеспечения рационального и полного использования заготовленного древесного сырья необходимо в дополнение к известным изыскивать другие направления его использования, повышать качество технологического сырья, получаемого из низкокачественной древесины и древесных отходов.

Для эффективной распиловки бревен диаметром 8...13 см на пиломатериалы нами предложена конструкция универсальных чисторежущих

круглых пил на уровне изобретения, изготовлена опытная партия таких пил, проведены лабораторные и производственные испытания. Установлено, что универсальные чисторежущие пилы значительно эффективнее на распиловке тонкомерных бревен на пиломатериалы в сравнении со стандартными круглыми пилами. Основные преимущества универсальных круглых пил в сравнении со стандартными следующие:

- возможность пиления вдоль, поперек и под углом к направлению волокон;
- высокая чистота поверхности распила, что позволяет уменьшить припуски на последующую обработку и повысить производительность оборудования на операции строгания;
- уменьшение потерь древесины в опилки в среднем на 16...20 % и стружку благодаря меньшей ширине пропила и меньшей на 300...400 мкм шероховатости поверхности распила;
- уменьшение мощности, расходуемой на пиление, в среднем при продольной распиловке на 35 %, при поперечной - на 15 %;
- повышение износостойкости зубьев пил в 3...7 раз в зависимости от способа их упрочнения.

Проведены исследования пригодности щепы из древесно-кустарниковой растительности для производства многопустотных и сплошных древесностружечных плит. Лабораторные исследования были проведены в проблемной научно-исследовательской лаборатории комплексной переработки древесного сырья БТИ им. С.М. Кирова, а производственные – в цехе древесностружечных плит Вильнюсского ДОКа. Исследования подтвердили практическую возможность использования щепы из ДКР для изготовления многопустотных древесностружечных плит толщиной 30...120 мм. Такие плиты пригодны для изготовления элементов малоэтажных деревянных домов, о чем свидетельствует опыт малоэтажного деревянного домостроения в Литве.

Выполнены также исследования пригодности щепы из ДКР для производства древесноволокнистых плит (ДВП) и гидролиза. Исследования пригодности ДКР для производства ДВП были проведены в производственных условиях на заводе ДВП Бобруйского ПДО, пригодности ДКР для гидролизного производства – на промышленной установке Бобруйского гидролизного завода. Производственные испытания показали, что ДКР, произрастающая на закустаренных увлажненных землях, является полноценным древесным сырьем для производства ДВП и перколяционного гидролиза. И если обеспечить качественную сортировку щепы из ДКР, можно получить ДВП с физико-механическими свойствами более высокими, чем у ДВП, полученных из отходов деревообработки. А высокое содержание в щепе из ДКР пентозанов указывает на целесообразность использования этого вида сырья в гидролизном производстве для получения такого ценного продукта, как фурфурол.

И отечественный, и зарубежный опыт показал, что для эффективного использования щепы из тонкомерных деревьев, лесосечных отходов и ДКР она должна подвергаться сортировке, так как несортированная щепа из этих видов древесного сырья не отвечает требованиям ГОСТ на технологическую щепу для плитных и гидролизных производств. Это подтверждается и нашими исследованиями в производственных условиях Борисовского леспромхоза по определению фракционного состава зеленой щепы из названных видов сырья, который необходимо знать для выбора эффективных способов и средств сортировки такой щепы. Основываясь на полученном фракционном составе зеленой щепы, нами проведены патентные исследования и в результате было предложено на уровне изобретений семь конструкций установок для сортировки зеленой щепы. Их можно разделить на две группы. Первая – это рубительные-сепарирующие установки, позволяющие получать кондиционную щепу непосредственно на лесосеке и сразу поставлять ее потребителям. Другие фракции могут быть оставлены на лесосеке для удобрения почвы или же доставляться в соответствующие пункты потребления.

Вторая группа представляет собой установки только для сортировки зеленой щепы, которыми при необходимости можно рассортировать эту щепу на четыре фракции: кондиционную щепу, крупную и мелкую фракции и древесную зелень. Крупная фракция затем может быть направлена на дополнительное измельчение и повторную сортировку, что позволит увеличить выход кондиционной щепы. По одному из устройств сортировки зеленой щепы нами в рамках Республиканской целевой комплексной научно-технической программы 33.01 рп "Древесные ресурсы" был разработан, изготовлен и испытан в производственных условиях опытный образец установки СЗЩ-1С для сортировки зеленой щепы. Установка СЗЩ-1С барабанного типа со съемными ситами и электроприводом. Производственные испытания этой установки на одном из деревообрабатывающих предприятий показали, что она обеспечивает качественную сортировку зеленой щепы из тонкомерных деревьев и сучьев. Так, в полученной после сортировки кондиционной щепе наличие коры не превышает 4,3% (по ТУ допускается до 20%), древесной зелени – 2,9% (по ТУ допускается 5%), гниль отсутствует (по ТУ допускается до 3%). Таким образом, полученная после сортировки кондиционная щепа отвечает требованиям, предъявляемым к щепе для плитных производств. Установка СЗЩ-1С пригодна для сортировки и других видов щепы.

**В приложении** даны акты внедрения результатов исследований в производство и учебный процесс, акты лабораторных и производственных испытаний, патенты, общие виды универсальной энерго- и ресурсосберегающей круглой пилы и установки для сортировки зеленой щепы, программы моделирования на ПЭВМ процессов работы лесозаготовительных машин и механизмов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований по проблеме совершенствования лесозаготовительного производства Беларуси получены следующие основные результаты.

1. Предложен новый системный и комплексный аналитико-экспериментальный подход к прогнозированию и разработке малоотходных и безотходных технологий и направлений использования различных видов древесного сырья, обеспечивающих более полное использование биомассы вырубаемых деревьев, заключающийся в рассмотрении системы "природно-производственная среда и предмет труда – технологический процесс и машины – продукт труда и предприятия-потребителя", который позволил получить комплекс научно-обоснованных теоретических и экспериментальных результатов, обеспечивающих экономию сырьевых и энергетических ресурсов и охрану окружающей среды в лесозаготовительном производстве, и повысить эффективность работы лесозаготовительного производства [4, 12, 29, 31, 37, 40, 41, 43, 46, 54, 56, 57, 74, 76].

2. Установлены и классифицированы возможные источники древесного сырья для деревоперерабатывающих производств и древесные запасы по дополнительным источникам. Такими источниками являются не только древесные запасы в спелых и не достигших возраста спелости лесах, но и отходы лесозаготовок; древесные запасы на землях, подлежащих переводу в сельскохозяйственные угодья, на трассах нефте- и газопроводов, площадях для добычи торфа и т.п. Показано, что запасы древесного сырья по видам источников различны и неравнозначны по качеству, количеству и степени доступности для использования. Предложенная классификация источников древесного сырья – основа для выбора приоритетных направлений их использования [3, 5–11, 13, 16–18, 33, 38, 48, 59, 62, 78].

3. Определены размерно-качественные и биометрические показатели древесного сырья по видам источников сырья и получены корреляционные уравнения связи между таксационными и биометрическими показателями дерева для вырубаемых деревьев при рубках ухода и удалении (сводке) древесно-кустарниковой растительности. По полученным уравнениям связи между отдельными частями дерева можно определять процентное соотношение отдельных частей дерева в свежесрубленном состоянии в разрезе пород и видов рубок, а следовательно, и потенциальные ресурсы наземной фитомассы по породам и видам рубок в целом и с подразделением на стволовую древесину, сучья и ветви и древесную зелень. Наряду с этим размерно-качественные и биометрические показатели деревьев, поступающих в рубку, являются основой для выбора технологии и машин для заготовки древесного сырья, наиболее полно отвечающих природно-производственным условиям [14, 15, 24, 32].

4. Даны определения понятий малоотходной и безотходной технологии в лесозаготовительном производстве; обоснованы научный подход и критерии, необходимые для разработки этих технологий. Такими критериями являются размерные (диаметр у пня и на высоте 1,3 м, высота дерева и протяженность кроны), качественные (количество деловых и дровяных деревьев в насаждении, категория крупности и породный состав) показатели лесонасаждений, поступающих в рубку, природные условия (рельеф местности, несущая способность грунтов, ликвидный запас древесины на 1 га, количество и высота жизнеспособного подроста хозяйственно ценных пород на 1 га). По размерно-качественным показателям и породе представляется возможным определить виды продукции, которую можно заготовить в данных насаждениях, а следовательно, и технологию получения этой продукции и типы машин для реализации данной технологии. Природные условия позволяют оценить, насколько выбранные технология и типы машин им соответствуют, и при необходимости внести коррективы [25, 26, 28, 43].

5. Разработаны, прошли производственную проверку и внедрены в производство на ряде лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятий малоотходные технологические процессы заготовки древесного сырья по главному и промежуточному пользованию. Предложены типы машин для реализации этих процессов. Экономический эффект от внедрения малоотходных технологий на рубках главного пользования составил 1,25...1,49 руб. на 1 м<sup>3</sup> заготовленной продукции, на рубках промежуточного пользования – 0,40...2,01 руб. на 1 м<sup>3</sup> в зависимости от вида рубки ухода (в ценах на 01.01.1991 г.). Применение малоотходных технологических процессов позволяет увеличить полезный выход древесного сырья с 1 га в среднем на 8% и снизить себестоимость 1 м<sup>3</sup> на 8...12% при рубках главного пользования и, соответственно, на 12...15% и 5...25% при рубках промежуточного пользования в зависимости от вида рубки ухода [23, 39, 45, 450–53, 55, 58, 63, 71–73].

6. Получены математические зависимости производительности основных лесозаготовительных машин и расхода мощности на пиление цепными пильными механизмами, позволяющие всесторонне анализировать производительность валочных, валочно-пакетирующих, валочно-трелевочных и валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин и расход мощности на спиливание деревьев, обрезку сучьев и раскряжевку хлыстов цепными пильными механизмами с учетом многих факторов. Используя данные зависимости, можно находить технологические параметры машин и механизмов для заданных природно-производственных условий, т. е. представляется возможным определять технологические параметры лесозаготовительных машин и пильных механизмов уже на стадии их создания [30, 32, 44, 70].

7. Определены приоритетные направления использования в Беларуси продукции лесозаготовительного производства. Показано, что для рационального и полного использования зеленой щепы из маломерных деревьев, древесно-кустарниковой растительности и лесосечных отходов она должна подвергаться сортировке на четыре фракции: технологическую (кондиционную) щепу, древесную зелень, крупную фракцию и мелочь. Для этого предложены способы и средства сортировки зеленой щепы на 3 – 4 фракции, отдельные из которых прошли производственную проверку [19–22, 28, 34, 36, 60, 61, 74, 77, 79].

8. Осуществлена практическая реализация разработанных технологических и технических решений по совершенствованию лесозаготовительного производства и обеспечению рационального и более полного использования различных видов древесного сырья, которая показала их высокую эффективность и технологическую прогрессивность для современных условий производства, о чем свидетельствуют акты внедрения [27, 35, 42, 47, 49, 75, 80]. Новизна разработок подтверждена авторскими свидетельствами и патентами [81–92]. Разработанные технологии и конструкции внедрены в учебный процесс, что подтверждают акты внедрения, изданные учебники, учебные и справочные пособия [64–70].

Лесозаготовительная промышленность тесно связана с использованием и воспроизводством лесных ресурсов. Поэтому последующие исследования должны быть направлены на совершенствование ее структуры, технологии и техники лесозаготовок, создание собственного лесного машиностроения с учетом размерно-качественных показателей древесного сырья и состояния рынка лесных материалов. Все это будет способствовать дальнейшему повышению эффективности лесозаготовительного производства в условиях рыночной экономики.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

### Монография

1. Матвейко А.П. Малоотходные и безотходные технологии в лесном хозяйстве и лесной промышленности. – Минск: БГТУ, 1999. - 84с.

### Научные статьи

2. Перколяционный гидролиз сырья из древесно-кустарниковой растительности / Матвейко А. П., Морозов Е. Ф., Олехнович. Ф. М., Добровольский В.А., Баранчик В.П., Здоровцев Г.И., Калинин Д.А., Ваакс В.Р., Зинина М.А // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. – 1977. - №1. – С. 20–21.

3. Дополнительные ресурсы древесного сырья для промышленности / Матвейко А.П., Золотогоров В.Г., Баранчик В.П., Олехнович Ф.М. // Изв. вузов. Лесной журнал – 1977. - № 4. – С. 139 – 144.

4. Майко И. П., Матвейко А. П., Фридрих А. П. К применению срезающих устройств силового резания // Механизация лесоразработок и транспорт леса: Республ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1979. – Вып. 9. – С. 9 – 13.

5. Матвейко А. П., Майко И. П., Саволайнен Р. Переработка лесосечных отходов в Финляндии. // Лесн. пром-сть. – 1979. - №5. – С. 30-31.

6. Древесно-кустарниковая растительность – полноценное сырье для промышленности / Матвейко А. П., Олехнович Ф. М., Баранчик В. П., Добровольский В.А., Здоровцев Г.И., Барковский Н.К // Механизация лесоразработок и транспорт леса: Респ. мехвед. сб.: – Мн.: Выш. школа, 1979. – Вып. 9. – С. 33–37.

7. Матвейко А. П., Баранчик В. П. Перспективы производства щепы из целых деревьев в условиях Белоруссии // Механизация лесоразработок и транспорт леса: Респ. межвед. сб.– Мн.: Выш. школа, 1980. – Вып. 10. – С. 34–40.

8. Романов В. С., Матвейко А. П., Вавилов А. В. О перспективах заготовки, переработки и комплексного использования маломерной древесины // Лесное хозяйство. – 1980. - №11. – С. 58-59.

9. Матвейко А. П., Майко И. П. Заготовка и переработка маломерной древесины в Финляндии // Механизация лесоразработок и транспорт леса: Респ. межвед. сб.– Мн.: Выш. школа, 1981. – Вып. 11. – С. 12–18.

10. Матвейко А. П., Баранчик В. П. Заготовка и переработка маломерной древесины и лесосечных отходов // Лесн. пром-сть. – 1982. - №6. – С. 27-28.

11. Матвейко А. П. Заготовка и переработка отходов лесозаготовок на технологическое сырье для промышленности // Механизация лесоразработок и транспорт леса: Респ. межвед. сб.– Минск: Выш. школа, 1982. – Вып. 12. – С. 18 – 22.

12. Баранчик В. П., Матвейко А. П. Освоение закустаренных земель с утилизацией древесины // Гидротехника и мелиорация. – 1984. -№6. – С. 55-57.

13. Структура и выход технологического сырья, получаемого от рубок ухода./ Матвейко А. П., Баранчик В. П., Поплавская Л. Ф., Яковлев М.К. – М., 1984. – 12с. – Деп. в ЦБНТИ лесхоз, № 19 – 84.

14. Параметры деревьев, вырубаемых на рубках ухода./ Матвейко А. П., Баранчик В. П., Поплавская Л. Ф., Яковлев М.К., Романовская Н.Л., Гунич И.И. – М., 1984. – 8с. – Деп. в ЦБНТИ лесхоз, № 12–84.

15. Характеристика древесного сырья, получаемого от рубок ухода / Матвейко А. П., Янушкевич А. А., Поплавская Л. Ф., Баранчик В.П., Яковлев М.К.// Механическая технология древесины: Респ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1985. – Вып. 15. – С. 23 – 26.

16. Матвейко А. П., Тимошенко А. В. Резервы увеличения выхода товарной продукции от рубок главного и промежуточного пользования // Лесное хозяйство. – 1985. - №9. – С. 65-67.

17. Матвейко А. П., Белькович Г. Ф. Малоотходная технология лесосечных работ на основе комплексной механизации // Механическая технология древесины: Респ. межвед. сб.– Мн.: Выш. школа, 1985. – Вып. 15. – С. 12–18.

18. Матвейко А. П., Завойских Г. И., Тимошенко А. В. Увеличение выхода древесного сырья совершенствованием технологии лесосечных работ // Механизация лесоразработок и транспорт леса: Респ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1985. - Вып. 15. – С. 21 – 27.

19. Матвейко А. П., Тимошенко А. В. Рубильно-сепарирующая установка // Лесозэксплуатация и лесосплав: Науч.-технич. рефер. сб. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985. – Вып. 11. – С. 6-7.

20. Матвейко А. П., Тимошенко А. В. Сепарирование щепы в корпусе рубительной машины в процессе ее производства // Лесозэксплуатация и лесосплав: Науч.-тех. рефер. сб. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1986. – Вып. 4. – С. 6 – 7.

21. Тимошенко А. В., Матвейко А. П. Показатели эффективности процесса сепарации щепы в рубильных установках // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины: Респ. межвед. сб.– Мн.: Выш. школа, 1986. – Вып. 1. – С. 16 – 21.

22. Тимошенко А. В., Матвейко А. П. Результаты исследования фракционного состава зеленой щепы и способы ее сепарации // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины: Респ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1986. – Вып. 1. – С. 22 – 27.

23. Матвейко А. П., Эссаулов Э. Э., Белькович Г. Ф. Опыт внедрения малоотходной технологии // Лесн. пром-сть. – 1986. - № 10. – С. 19-20.

24. Размерно-качественная характеристика древесно-кустарниковой растительности / Баранчик В.П., Матвейко А.П., Атрошенко О.А., Поплавская Л.Ф.// Лесоведение и лесное хозяйство: Республ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1986. - Вып. 21. – С. 82–87.

25. Матвейко А. П., Баранчик В. П., Романовская Н. Л. Малоотходные технологические процессы на рубках ухода в молодняках // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины : Респ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1987. – Вып. 2. – С. 3–8.

26. Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф., Яковлев М. К. Малоотходные технологические процессы на прореживаниях и проходных рубках // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины: Респ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1987. – Вып. 2. – С. 16–21.

27. Матвейко А. П., Поплавская Л.Ф., Романовская Н. Я. Эффективность малоотходных технологических процессов рубок ухода в молодня-

- ках // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины: Респ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1988. – Вып. 3. – С. 3–9.
28. Малоотходные технологии на прореживаниях и проходных рубках / Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф., Баранчик В. П., Романовская Н. Л. // Лесное хозяйство. – 1988. – №12. – С. 10–11.
29. Еще раз об утилизации мелиорационной древесины / Матвейко А. П., Сапура В. М., Баранчик В. П., Цыбулько Н.М. // Мелиорация и водное хозяйство. – 1989. – №1. – С. 10–12.
30. Матвейко А. П. Расчет производительности валочных и валочно-пакетирующих машин // Изв. вузов. Лесной журнал. – 1989. – № 4. – С. 36–38.
31. Матвейко А. П. Направления использования лесосечных отходов // Плиты и фанера: Науч.-технич. рефер. сб. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1989. – Вып. 6. – С. 9–10.
32. Матвейко А. П., Чан Куанг Винь. Параметры бензиномоторных пил для лесов Белоруссии // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины: Респ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1989. – Вып. 4. – С. 9–12.
33. Плиты из кустарников / Матвейко А. П., Сапура В. М., Баранчик В. П., Цыбулько Н.М. // Народное хозяйство Белоруссии. – 1989. – №8. – С. 26.
34. Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф., Романовская Н. Л. Способы и устройства для сортировки зеленой щепы // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины: Респ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1991. – Вып. 6. – С. 41–45.
35. Матвейко А. П., Чан Куанг Винь. Совершенствование процесса пиления древесины круглыми пилами // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины: Респ. межвед. сб. – Мн.: Выш. школа, 1991. – Вып. 6. – С. 114–119.
36. Устройство для разделения зеленой щепы / Матвейко А. П., Баранчик В. П., Поплавская Л. Ф., Романовская Н. Л. // Лесн. и деревообр. пром-сть: Науч.-технич. рефер. сб. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1991. – Вып. 11. – С. 7–8.
37. Матвейко А. П. Направления развития технологии рубок главного и промежуточного пользования в Республике Беларусь // Труды Белор. технолог. ин-та. Серия II. Лесн. и деревообр. пром-сть. – Мн., 1993. – Вып. 1. – С. 3–7.
38. Матвейко А. П. Источники и ресурсы древесного сырья в Республике Беларусь // Труды Белор. гос. технолог. ун-та. Серия II. Лесн. и деревообр. пром-сть. – Минск, 1994. – Вып. 2. – С. 3–7.
39. Матвейко А. П. Малоотходные и безотходные технологии в лесозаготовительной промышленности // Труды Белор. гос. технолог. ун-та. Серия II. Лесн. и деревообраб. пром-сть. – Минск, 1996. – Вып. 3. – С. 3–6.

40. Матвейко А. П. Основы рационального и комплексного использования лесных ресурсов Республики Беларусь // Лесная наука на рубеже XXI века: Сб. науч. тр. Института леса НАН Беларуси. – Гомель, 1997. – Вып. 46. – С. 60–63.

41. Матвейко А. П. Лесопользование и потребление древесного сырья в Беларуси в ближайшей перспективе // Труды Белор. гос. технолог. ун-та. Серия II. Лесн. и деревообработ. пром-сть. – Минск, 2000. – Вып. 8. – С. 12–19.

42. Матвейко А. П., Бавбель И.И. Универсальные чисторежущие пилы с упрочненными режущими кромками // Лесное и охотничье хозяйство. – 2001. – №3. – С. 26–27.

43. Матвейко А. П. Основные положения и критерии по разработке малоотходных и безотходных технологических процессов лесозаготовок // Труды Белор. гос. технолог. ун-та. Серия II. Лесн. и деревообработ. пром-сть. – Мн., 2002. – Вып. 10. – С. 3–5.

44. Матвейко А. П. Производительность валочно-сучкорезно-раскряжечных машин на заготовке сортиментов // Труды Белор. гос. технолог. ун-та. Серия II. Лесн. и деревообработ. пром-сть. – Мн., 2003. – Вып. 11. – С. 24–28.

#### **Тезисы докладов и материалы конференций**

45. Матвейко А. П., Олехнович Ф. М., Баранчик В. П. Эффективность заготовки и пути промышленного использования древесно-кустарниковой растительности // Комплексное использование древесных отходов и маломерной древесины: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещ./ Центр. правл. НТО лесн. пром-ти и лесн. хоз. Минлесдревпром СССР. Гос. ком. лесн. хоз. Совмина СССР. – М., 1977. – С. 36–39.

46. Матвейко А. П., Баранчик В. П., Яковлев М. К. Рациональное использование маломерной древесины в Белоруссии // Повышение технического уровня и совершенствование технологии производства на предприятиях Минлесдревпрома УССР: Тез. докл. науч.-технич. конф. / Минлесдревпром УССР. Проект.-конструкт. технолог. ин-т. – Ивано-Франковск, 1981. – С. 77–78.

47. Матвейко А. П., Баранчик В. П., Яковлев М. К. Определение оптимального количества погрузочно-транспортных агрегатов в системе машин по заготовке щепы // Технический прогресс и комплексное использование местных ресурсов древесного сырья на предприятиях Минлесдревпрома УССР: Тезисы докл. научн.-техн. конф. / Минлесдревпром УССР. Проектн.-конструкт. технолог. ин-т. – Ивано-Франковск, 1982. – С. 80–81.

48. Матвейко А. П., Здоровцев Г. И. Использование древесного сырья от рубок ухода в БССР // Лесопользование и охрана окружающей среды: Тез. докл. участников Всесоюз. науч.-технич. совещ. с участием иностр. специал. / Центр. Правл. НТО лесн. пром. и лесн. хоз., Гос. ком. лесн., цел.-бум. пром-сти СССР, Минлесбумпром СССР, Краснодар. краевое правл.

НТО лесн. пром-сти и лесн. хоз. – пос. Каменноостский Краснодар. края, 1983. – С. 300–303.

49. Матвейко А. П., Козлов В. Н. Пила для чистового резания древесины // Научно-техническая прогресс в лесной и деревообрабатывающей промышленности: Тез. докл. XIV научн. – технич. конф. / Минлесдревпром УССР. УкрННЦДО. – Киев, 1983. – С. 52.

50. Матвейко А. П., Завойских Г. И. Малоотходная технология в лесах БССР // Комплексное и рациональное использование лесных ресурсов: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. / Гос. ком. СССР по науке и технике. Минист. высш. и сред. спец. обр. СССР. Минлесбумпром СССР. Гос. ком. СССР по лесн. хоз. Минист. высш. и сред. спец. обр. БССР. Минлесдревпром БССР. БРП НТО бум. и деревообр. пром-сти. Белор. технол. ин-т. – Мн., 1985. – С. 80–82.

51. Технологические процессы на рубках ухода, предусматривающие заготовку всей фитомассы / Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф., Яковлев М. К., Романовская Н. Л. // Комплексное и рациональное использование лесосырьевых ресурсов: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. / Гос. ком. СССР по науке и технике. Мин. высш. и сред. спец. образ. СССР. Минлесбумпром СССР. Гос. ком. СССР по лесн. хоз. Мин. высш. и сред. спец. образ. БССР. Минлесдревпром БССР. БРП НТО бум. и деревообр. пром-сти. Белор. технол. ин-т. – Минск, 1985. – С. 82–83.

52. Романов В. С., Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф. Технология и механизация рубок ухода с получением технологического сырья в условиях интенсивного ведения лесного хозяйства // Докл. Междунар. конф. ИЮФРО по проблемам рубок ухода / Междунар. Союз лесн. исслед. организ. Гос. ком. СССР по лесн. хоз. ВНИИЛМ. НИО "Силава". Минлеспром Латв. ССР. – Москва-Рига, 1985. – 12с.

53. Малоотходная технология рубок ухода в молодняках / Матвейко А. П., Баранчик В. П., Поплавская Л. Ф., Яковлев М. К., Романовская Н. Л. // Экономические проблемы использования лесосырьевых ресурсов в Европейско-Уральской зоне: Тез. докл. Всесоюз. науч.-технич. совещ. / ЦИ НТО лесн. пром. и лесн. хоз. Минлесбумдревпром СССР. Гос. Ком. СССР по лесн. хоз. Костромское обл. правл. НТО лесн. пром-ти и лесн. хоз. – г. Шарья, 1986. – С. 133–135.

54. Промышленное использование щепы из маломерных деревьев от рубок ухода / Матвейко А. П., Баранчик В. П., Поплавская Л. Ф., Романовская Н. Л. // Основные направления ускорения научно-технического прогресса в деревообрабатывающей промышленности в 12-ой пятилетке: Тез. докл. XVI науч.-технич. конф. / Минлесдревпром УССР. УкрННЦДО. – Киев, 1986. – С. 35.

55. Ресурсосберегающая технология рубок ухода в молодняках и ее эффективность / Матвейко А. П., Баранчик В. П., Поплавская Л. Ф., Романовская Н. Л. // Охрана лесных экосистем и рациональное использование

лесных ресурсов: Тез. докл. Всесоюз. науч.-технич. конф. / Мин. высш. и ср. спец. образ. СССР. Моск. лесотехн. ин-т. - М., 1987. - С. 61.

56. Романов В.С., Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф. Технология и механизация рубок ухода с получением технологического сырья в условиях интенсивного ведения лесного хозяйства // Проблемы рубок ухода: Сб. матер. конф. Междунар. Союза лесн. исследов. организ. (ИЮПРО). - М., 1987. - С. 193 - 198.

57. Матвейко А.П., Аскотин П.Ф. Рациональное использование лесосырьевых ресурсов БССР // Проблемы рационального природопользования в свете решений XXVII съезда КПСС: Тез. докл. научн. конф. / Всесоюзн. науч.-исслед. ин-т охраны природы и заповед. дела (ВНИИ природы). Брянский технол. ин-т. - М., 1987. - С. 121-123.

58. Малоотходная технология на рубках ухода / Матвейко А.П., Баранчик В.П., Поплавская Л.Ф., Романовская Н.Л. // Проблемы рационального природопользования в свете решений XXVII съезда КПСС: Тез. науч. конф. / ВНИИ природы. Брянский. технол. ин-т. - М., 1987. - С. 123-124.

59. Ресурсы древесного сырья в БССР от рубок ухода / Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф., Баранчик В. П., Романовская Н.Л. // Использование вторичных древесных ресурсов в производстве промышленных товаров, конструкционных материалов и энергии: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. / Центр. Правл. Всесоюз. лесн. НТО. Минлеспром СССР. Гос. ком. СССР по лесу. Тверское обл. правл. Всесоюз. лесн. НТО. - Оленинский ЛПХ, 1990. - С. 73-74.

60. Способы и устройства для сортировки зеленой щепы из тонкомерных деревьев и отходов лесозаготовок / Матвейко А. П., Баранчик В. П., Поплавская Л. Ф., Романовская Н.Л. // Использование вторичных древесных ресурсов в производстве промышленных товаров, конструкционных материалов и энергии: Тез. докл. Всесоюз. науч.-технич. конф. / Центр. Правл. Всесоюз. лесн. НТО. Минлеспром СССР. Гос. ком. СССР по лесу. Тверское обл. правл. Всесоюз. лесн. НТО. - Оленинский ЛПХ, 1990. - С. 74-75.

61. Способы и устройства для разделения зеленой щепы / Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф., Романовская Н.Л., Баранчик В.П. // Матер. юбил. науч.-технич. конф. по итогам НИР / Мин. народ. образ. БССР. Белор. технолог. ин-т. - Минск, 1990. - С. 48.

62. Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф., Романовская Н. Л. Реальные ресурсы древесных отходов от рубок главного пользования // Матер. юбил. науч.-технич. конф. по итогам НИР / Мин. народ. образ. БССР. Белор. технолог. ин-т. - Мн., 1990. - С. 52-53.

63. Матвейко А. П. Малоотходные и безотходные технологические процессы в лесозаготовительной промышленности // Тез. докл. Междунар. науч.-практич. конф. "Лес-95" / Белор. гос. технолог. ун-т. АО "Центр - XXI век". Минлесхоз РБ. Концерн "Беллесбумпром". - Мн, 1995. - С. 50.

### Учебники

64. Матвейко А.П. Технология и машины лесосечных работ: Учеб. для студ. лесотех. спец. вузов. – Мн.: Выш. школа, 1984. – 334с.

65. Матвейко А.П., Федоренчик А.С. Технология и машины лесосечных работ: Учеб. для студ. спец. "Лесоинженерное дело" вузов. – Мн.: УП "Технопринт", 2002. – 480 с.

### Учебные и методические пособия

66. Матвейко А.П. Технология и машины лесосечных и лесовосстановительных работ: Учеб. пос. для студ. лесотех. вузов и фак-тов – Мн.: Выш. школа, 1975. – 520с.

67. Матвейко А.П. Учебно-методическое пособие по курсу "Технология и машины лесоскладских работ" для студ. спец. 0901.- Мн.: БТИ, 1980. – 57 с.

68. Матвейко А. П., Завойских Г. И. Расчет параметров оборудования для первичной обработки древесины: Метод. указ. для студ. спец. 26.01.– Часть II. - Мн.: БТИ, 1991. - 22 с.

### Справочники

69. Дороги и транспорт лесной промышленности: Справочное пособие / И.И. Леонович, Н.П. Вырко, А.П. Матвейко и др.; Под ред. И.И. Леонovichа.- Мн.: Выш. школа, 1979.- 416 с.

70. Матвейко А. П., Федоренчик А. С., Завойских Г. И. – Справочник мастера лесозаготовок. - М.: Экология, 1993. – 286с.

### Брошюры

71. Пути и эффективность использования древесно-кустарниковой растительности, сводимой на объектах мелиорации / Матвейко А. П., Здоровцев Г. И., Олехнович Ф. М., Баранчик В.П. – Мн.: БелНИИНТИ, 1978. – 66с.

72. Романов В.С., Матвейко А.П., Завойских Г.И. Рациональное освоение лесосырьевых ресурсов предприятиями Минлесбумпрома БССР на основе малоотходной технологии. – Мн.: БелНИИНТИ, 1987. – 60 с.

73. Рациональное использование древесного сырья от рубок ухода на основе малоотходной технологии / Зорин В. П., Здоровцев Г. И., Матвейко А. П., Поплавская Л.Ф., Баранчик В.П., Романовская Н.Л. – Мн.: БелНИИНТИ, 1989. – 58 с.

74. Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф., Романовская Н. Л. Направления использования лесосечных отходов в Белоруссии для производства плит. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1990. – 60 с.

75. Матвейко А. П., Герасименко В. В., Чайковский Г. С. Подготовка и эксплуатация режущего инструмента в деревообрабатывающих цехах лесхозов. – Мн.: БелНИИНТИ, 1990. – 63с.

Публикации в экспресс – информациях и информационных листках

76. Перспективы заготовки и использования древесно-кустарниковой растительности / Матвейко А.П., Баранчик В.П., Баслак Н.Л., Яковлев М.К. // Мелиорация и водное хозяйство: Экспресс-информация, Серия 5. – М.: ЦБНТИ Миньводхоза СССР, 1981. – Вып. 4. – С. 21–25.

77. Матвейко А. П. Повышение качества щепы в процессе ее производства: Информ. листок; №324, Серия 66.19.91. – Мн.: БелНИИНТИ, 1987. – 4 с.

78. Ресурсы древесного сырья в БССР от рубок ухода / Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф., Баранчик В. П., Романовская Н. Л. // Деревообработка: Информ. сб. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1991. – Вып 3. – С. 15–16.

79. Матвейко А. П., Поплавская Л. Ф., Романовская Н. Л. Устройство для сортировки зеленой щепы из тонкомерных деревьев и отходов лесозаготовок // Деревообработка: Информ. сб. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1991. – Вып. 3. – С. 16.

80. Чан Куанг Винь, Матвейко А. П. Энерго- и ресурсосберегающая универсальная круглая пила для древесины: Информ. листок о науч.-технич. достижении, №92–4. – Мн.: БелНИИНТИ, 1992. – 5с.

Авторские свидетельства на изобретения и патенты

81. А.с. 622449 СССР, М. Кл.<sup>2</sup> А 01 G 23/08. Устройство для срезания древесно-кустарниковой растительности / А. П. Матвейко, Т. И. Турлюк, Ф. М. Олехнович, В.П. Баранчик (СССР). - №2458078/29-15; Заявл. 01.03.77; Огубл. 05.09.78, Бюл. №33 // Открытия. Изобретения. - 1978. - №33. – С. 7-8.

82. А.с. 719562 СССР, М. Кл.<sup>2</sup> А 01 G 23/08, В 27 В 11/00, А47 J49/02. Устройство для безопилочного резания деревьев / И. П. Майко, А. П. Матвейко, А. В. Жуков, А.П. Фридрих (СССР). - №2568463/29-15; Заявл. 12.01.78; Огубл. 05.03.80, Бюл. № 9 // Открытия. Изобретения. - 1980. - № 9.– С. 12.

83. А.с. 958086 СССР, М. Кл.<sup>3</sup> В 27 В 33/8. Пила для чистового резания древесины / А. П. Матвейко, В. Н. Козлов (СССР). - №2975044/29-15; Заявл. 12.08.80; Огубл. 15.09.82, Бюл. № 34 // Открытия. Изобретения. - 1982. - № 34.– С. 58.

84. А.с. SU 1133096 А СССР, В 27 L 11/00. Установка для изготовления щепы и древесной зелени / А. П. Матвейко, А. В. Тимошенко (СССР). - №3632872/29-15; Заявл. 12.08.83; Огубл. 07.01.85, Бюл. № 1 // Открытия. Изобретения. - 1985. - № 1.– С. 60.

85. А.с. SU 1184680 А СССР, В 27 L 11/00. Рубительная установка / А. В. Тимошенко, А. П. Матвейко (СССР). - №3732160/29-15; Заявл. 25.04.84; Огубл. 15.10.85, Бюл. № 38 // Открытия. Изобретения. - 1985. - № 38.– С. 50.

86. А.с. SU 1192990 А СССР, В 27 L 11/00. Рубительная машина / А. П. Матвейко, А. В. Тимошенко (СССР). - №3724894/29-15; Заявл.

10.04.84; Оpubл. 23.11.85, Бюл. № 43 // Открытия. Изобретения. - 1985.- № 43.- С. 70-71.

87. А.с. SU 1219354 А СССР, В 27 L 11/00. Щепопровод рубительной машины / А. В. Тимошенко, А. П. Матвейко (СССР). - №3757070/29-15; Заявл. 18.06.84; Оpubл. 23.03.86, Бюл. № 11 // Открытия. Изобретения. - 1986.- № 11.- С. 83.

88. А.с. SU 1505604 А СССР, В 07 В 7/06, В27 L11/00. Щепопровод рубительной машины / А. П. Матвейко, А. В. Тимошенко, Н. Л. Романовская, П.В. Колодий (СССР). - №4353337/29-03; Заявл. 31.12.87; Оpubл. 07.09.89, Бюл. № 33 // Открытия. Изобретения. - 1989. - № 33.- С. 35.

89. А.с. SU 1641476 А1 СССР, В 07 В 9/00, 4/08. Устройство для разделения зеленой щепы / А. П. Матвейко, В. П. Баранчик, Л. Ф. Поплавская, Н. Л. Романовская (СССР). - №4654265/03; Заявл. 12.01.89; Оpubл. 15.04.91, Бюл. № 14 // Открытия. Изобретения. - 1991. - № 14.- С. 39.

90. А.с. SU 1750742 А1 СССР, В 07 В 1/22. Устройство для сортировки сыпучих материалов / А. П. Матвейко, Л. Ф. Поплавская, В. П. Баранчик, Н. Л. Романовская (СССР). - №4885136/03; Заявл. 27.11.89; Оpubл. 30.07.90, Бюл. № 28 // Изобретения. - 1992. - № 28.- С. 44.

91. Патент 958086 РФ, Кл.<sup>3</sup> В 27 В 33/8. Пила для чистового резания древесины / А.П. Матвейко, В.Н. Козлов (РБ); БТИ. - №2975044; Заявл. 12.08.80; Оpubл. 15.09.82 //Изобретения. - 1997. - №9.

92. Патент RU 1750742 РФ, В 07 В 1/22. Устройство для сортировки сыпучих материалов / А.П. Матвейко, Л.Ф. Поплавская, В.П. Баранчик, Н.Л. Романовская (РБ); БТИ. - №4885136/03; Заявл. 27.11.90; Оpubл. 30.07.92 //Изобретения. - 1997. - №13.



## РЭЗІЮМЭ

Матвейка Аляксандр Пятровіч

**Удасканаленне лесанарыхтоўчай вытворчасці Беларусі на аснове  
малаадыходных тэхналогіяў і рацыянальнага выкарыстання  
драўніннай сыравіны**

**Ключавыя словы:** біямаса дрэва, драўнінная сыравіна, крыніцы, рэсурсы, памерна-якасныя паказчыкі, малаадыходныя тэхналогіі, лесанарыхтоўчыя машыны, галоўнае карыстанне, прамежкавае карыстанне, напрамкі выкарыстання, прадукцыйнасць, эфектыўнасць.

**Аб'ект даследавання** – драўнінныя запасы і драўнінная сыравіна, атрымліваемая пры правядзенні высечак па галоўным і прамежкавым карыстанні і іншых відаў высечак, тэхналагічныя працэсы нарыхтоўкі драўніннай сыравіны.

**Мэта работы** – удасканаленне лесанарыхтоўчай вытворчасці Беларусі і павышэнне яе эфектыўнасці распрацоўкай і ўкараненнем у вытворчасць навукова абгрунтаваных малаадыходных тэхналогіяў нарыхтоўкі драўніннай сыравіны і рацыянальных напрамкаў яе выкарыстання з улікам экалагічных фактараў, выпрацоўка навуковых і практычных рэкамендацыяў па распрацоўцы малаадыходных тэхналогіяў.

У даследаваннях выкарыстаны сістэмны і комплексны аналітыка-эксперыментальны падыход, планаванне эксперыменту, метадыка палявога вопыту, тэорыя верагоднасцяў, матэматычнае малэляванне і статыстычная апрацоўка вынікаў даследаванняў.

Устаноўлены і класіфікаваны магчымыя крыніцы драўніннай сыравіны ў Беларусі, вызначаны памерна-якасныя паказчыкі драўніннай сыравіны дадатковых крыніцаў і біяметрычныя паказчыкі высякаемых дрэваў пры высечках догляду і правядзенні культуртэхнічных работ на закустараных землях. Распрацаваны навуковыя асновы і метадалогія стварэння малаадыходных і безадыходных тэхналогіяў нарыхтоўкі драўніннай сыравіны. Распрацаваны і правераны ў вытворчых умовах малаадыходныя тэхналогіі для высечак галоўнага і прамежкавага карыстання і іншых відаў высечак. Распрацаваны тэарэтычныя асновы ўстанавлення максімальнай прадукцыйнасці асноўных лесанарыхтоўчых машын у канкрэтных прыродна-вытворчых умовах. Прапанаваны, абгрунтаваны і правераны ў вытворчых умовах спосабы і сродкі, якія забяспечваюць рацыянальнае і больш поўнае выкарыстанне драўніннай сыравіны.

Вынікі даследаванняў выкарыстаны пры распрацоўцы Стратэгічнага плана развіцця лясной гаспадаркі Беларусі, у падручніках, падручных і даведчаных дапаможніках і ўкаранены ў пэрагу лесанарыхтоўчых і лесагаспадарчых прадпрыемстваў Беларусі.

Распрацаваныя спосабы і сродкі удасканалення лесанарыхтоўчай вытворчасці з'яўляюцца новымі і абароненыя аўтарскімі пасведчаннямі на вынаходніцтвы і патэнтамі.

## РЕЗЮМЕ

Матвейко Александр Петрович

**Совершенствование лесозаготовительного производства Беларуси на основе малоотходных технологий и рационального использования древесного сырья**

*Ключевые слова:* биомасса дерева, древесное сырье, источники, ресурсы, размерно-качественные показатели, малоотходные технологии, лесозаготовительные машины, главное пользование, промежуточное пользование, направления использования, производительность, эффективность.

*Объект исследования* - древесные запасы и древесное сырье, получаемое при проведении рубок главного и промежуточного пользования и других видов рубок, технологические процессы заготовки древесного сырья.

*Цель работы* – совершенствование лесозаготовительного производства Беларуси и повышение его эффективности путем создания и внедрения в производство научно обоснованных малоотходных технологий заготовки древесного сырья и установления рациональных направлений его использования, выработка научных и практических рекомендаций по созданию малоотходных и безотходных технологий.

В исследованиях использовались системный и комплексный аналитико-экспериментальный подход, планирование эксперимента, методика полевого опыта, теория вероятностей, математическое моделирование и статистическая обработка результатов исследований.

Установлены и классифицированы возможные источники древесного сырья в Беларуси. Определены размерно-качественные показатели древесного сырья дополнительных источников и биометрические показатели вырубаемых деревьев при рубках ухода и проведении культуртехнических работ на закустаренных землях. Разработаны научные основы и методология создания малоотходных и безотходных технологий заготовки древесного сырья. Разработаны и проверены в производственных условиях малоотходные технологии для рубок главного и промежуточного пользования. Разработаны теоретические основы определения максимальной производительности основных лесозаготовительных машин в конкретных природно-производственных условиях. Предложены, обоснованы и прошли производственную проверку способы и средства, обеспечивающие рациональное и более полное использование древесного сырья.

Результаты исследований использованы при разработке Стратегического плана развития лесного хозяйства Беларуси, в учебниках, учебных и справочных пособиях и внедрены на ряде лесозаготовительных и лесохозяйственных предприятий Беларуси.

Разработанные способы и средства совершенствования лесозаготовительного производства являются новыми и защищены авторскими свидетельствами на изобретения и патентами.

## SUMMARY

Matvejko Akexander Petrovich

**Perfection of the forest cutting manufactures of Byelorussia on a basis of low-waste technologies and rational use of wood material**

*Key words:* a biomass of a tree, wood material, resources, dimension-qualitative indices, low-waste technologies, forest cuttings, principal forest cutting, thinning, wood usage trends, productivity, efficiency.

*Object of research* – wood stocks and wood material received on principal forest cutting and thinning and other kinds of cutting, technological processes of wood material preparation for usage.

*The purpose of work* – perfection of forest cutting manufactures of Byelorussia and increase of their efficiency by creation and introductions in manufacture scientifically proved low-waste technologies of wood material preparation and an establishment of rational directions of use, development of scientific and practical recommendations for creation low-waste and wasteless technologies.

In researches the systemic complex analytical-experimental approach, planning of experiment, methodology of field experiment, theory of probability, mathematical modeling and statistical processing of results of researches were used.

Possible sources of wood material in Byelorussia are established and classified. Biometric indices / characteristics of wood material of additional sources and biometric parameters of cut down trees on thinning and realization culture-technological works on bush-covered lands are determined. Scientific bases and methodology of creation low-waste and waste less technologies of preparations of wood material are developed. Belarus Forestry Strategic Plan are developed and checked up under low-waste technologies for principal forest cutting and thinning production conditions. Theoretical bases of definition of the maximal productivity of the basic forest cutting machines in concrete nature-production conditions are developed. Ways and the means providing rational and more full use of wood material are offered, proved and have passed industrial check.

Results of researches are used by development of the Belarus Forestry Strategic Plan in textbooks, tutorials and reference books and are introduced on a number logging and forestry enterprises of Byelorussia.

The developed ways and methods of perfection of forest cutting manufactures are new and by the invention certificates and patents have been defended.

**МАТВЕЙКО Александр Петрович**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ  
МАЛООТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И  
РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОГО  
СЫРЬЯ**

Подписано в печать 06.11.2003. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 2,7. Усл. кр. – отг. 2,7. Уч. – изд. л. 2,3.

Тираж 100 экз. Заказ 458

Учреждение образования

"Белорусский государственный технологический университет".  
Лицензия ЛВ №276 от 15.04.03. 220050, Минск, Свердлова, 13а.

Отпечатано на роталпринте Белорусского государственного  
технологического университета. 220050, Минск, Свердлова, 13.