

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет науки и технологий имени
академика М.Ф. Решетнёва»

На правах рукописи

Шишмарёва Анна Вячеславовна

**ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ЦИРКУЛЯРНОЙ
ЭКОНОМИКИ**

Специальность 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика – Экономика
промышленности

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата экономических наук

Научный руководитель
доктор экономических наук,
профессор
Г.Я. Беякова

Красноярск – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.....	14
1.1 Циркулярная экономика как инструмент внедрения рационального ресурсопотребления.....	14
1.2 Концептуальный подход к формированию и развитию лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики.....	33
1.3 Методические подходы к оценке эффективности, рациональности и комплексности использования древесных ресурсов	45
Выводы по главе 1	53
ГЛАВА 2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛИ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА.....	55
2.1 Лесная отрасль Красноярского края и тенденции развития лесопромышленного комплекса региона.....	55
2.2 Классификация древесных отходов и направления их повторного и каскадного использования.....	67
2.3 Модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов лесопромышленного комплекса, сформирования с учетом принципов циркулярной экономики	78
2.4 Методика оценки эффективности отдельных направлений переработки древесных ресурсов.....	86
Выводы по главе 2.....	93
ГЛАВА 3. ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ.....	97
3.1 Механизм развития лесопромышленного комплекса региона на основе концепции циркулярной экономики	97

3.2 Инструменты стимулирования перехода лесопромышленного комплекса Красноярского края к концепции циркулярной экономики	103
3.3 Практика реализации принципов циркулярной экономики в ООО «ДоК «Енисей».....	113
Выводы по главе 3	137
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	140
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ А	175
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	178
ПРИЛОЖЕНИЕ В	179

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Согласно Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года ключевой задачей является максимально эффективное использование ресурсов леса за счет увеличения глубины переработки и повышения степени использования древесного сырья.

В настоящее время наблюдается возрастающий интерес к концепции циркулярной экономики как к инструменту комплексного, эффективного, рационального и неистощительного использования природных ресурсов. Большинство российских лесозаготовительных и деревоперерабатывающих предприятий оставляют 25-40% отходов от общего объема сырья. Лесной сектор наиболее полно отвечает концепции циркулярной экономики ввиду наличия производственных и технологических решений, позволяющих наиболее эффективно переработать весь объем доступного сырья и древесных отходов.

Внедрение концепции циркулярной экономики в деятельность ЛПК позволит организовать многократное каскадное использование древесного сырья за счет внедрения прорывных инновационных технологий био-рефайнинга древесины, применяемых в зарубежной и отечественной промышленности.

Переориентация лесопромышленного комплекса на принципы циркулярной экономики требует разработки нового теоретического и методического подхода к управлению формированием и развитием лесопромышленного комплекса, что определяет актуальность темы диссертационного исследования.

Степень разработанности проблемы. Теоретической основой диссертационного исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные проблемам развития лесопромышленного комплекса и внедрения концепции циркулярной экономики в промышленность России.

Вопросы формирования и развития лесопромышленного комплекса отражены в работах Э.Л. Акима [Ошибка! Источник ссылки не найден.], Н.Е. Антоновой [34, 35, 36], Т.И. Бабенко [54], Г.Я. Беляковой [48, 49], Ю.Ш. Блама [52, 53, 54], В.В. Беспаловой [50, 51], Н.А. Бурдина [58], Г.В. Давыдовой [72, 73, 74, 94], Р.В.

Гордеева [67, 68, 154], М.В. Кобалинского [154], Л.В. Машкиной [52, 53, 54], Е.А. Михайловой [118, 120], С.С. Морковиной [107, 108, 125], А.Н. Топчева [108], Е.А. Паняевой [107], А.П. Петрова [96], О.А. Полянской [50, 118, 120], А.И. Пыжева [67, 68, 123, 124, 154], Ю.А. Салтыковой [127], А.Н. Цепляева [107], S. Eikeland [180], E. Eythorsson [180], O.J. Saastamoinen [189], T.J. Torniainen [194] и др.

Вопросы рационального и комплексного использования древесных ресурсов рассмотрены в работах Г.А. Аннаева [88], В.А. Бунецкого [57], С.Г. Варанкиной [62], Е.В. Веприковой [63], К.А. Доможировой [77], В.Э. Дымченко [81], М.А. Зырянова [81, 82], Э.А. Ильязовой [81], С.В. Костылевой [74], С.А. Кузнецова [63], Б.Н. Кузнецова [63], А.С. Кривоноговой [88], А.В. Ледницкого [92], Г.К. Лобачева [95], Т.С. Лобовикова [96], Ю.В. Лугового [97], С.С. Морковиной [107,108, 125], М.В. Опара [112], Ю.Л. Пушкина [88], А.П. Петрова [96], О.А. Полянской [137], А.В. Рубинской [126], Н.Б. Руденко [135], А.В. Сакова [92], Ю.А. Соколовой [132], В.В. Степанова [134], М.В. Филичкиной [144], Л.Н. Храмовой [146], Б.М. Хрусталева [147], Н.В. Чеснокова [63], И.А. Черноградской [137], А.С. Черных [112], А.П. Чиждова [126], Н.Г. Чистовой [82, 126], А.Н. Чубинского [62], В.А. Швецова [82], В.Ю. Швецова [81] и др.

Значительный вклад в разработку теоретических и практических положений по внедрению концепции циркулярной экономики, в т.ч. в деятельность лесопромышленного комплекса, внесли Д.А. Абезин [30], В.Д. Александрова [33], А.П. Анисимов [30], Н.Н. Батова [37, 38, 39], С.С. Бахтина [41], Н.М. Блажнев [80], С.Н. Бобылев [55], Д.В. Валько [60, 61], М.А. Ветрова [64], В.И. Григорьев [136,137], О.В. Есипова [80, 113], И.В. Злобина [41], В.П. Золотарева [84], Т.В. Каштелян [84], А.А. Киселева [85], Ю.М. Кокина [86], О.В. Кудрявцева [89], Е.Н. Митенкова [89], А.К. Нестеров [109], П.А. Носко [111], Н.Д. Осипенко [113], Н.В. Пахомова [115], И.С. Платонова [113], И.М. Потравный [122], О.Е. Рязанова [84], П.В. Сачек [37, 38], С.В. Соловьева [55], М.А. Солодова [89], А.А. Тамби [136], Т.Т. Тамбовцева [138], К.В. Теплая [139], И.Э. Точинская [37, 38], О.С. Шимова [153], A. Murrey [106, 186], A. Peters [188], D.U, Pirs [109, 205], H. Ron [130], R. Smithers [193], R.K. Turner [109, 205], J. Zuckerman [196] и др.

Вместе с тем, вопросы формирования и развития лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики являются новыми и недостаточно проработанными как с теоретической, так и с практической точек зрения. В этой связи особый интерес представляют исследования в области разработки модели эффективного и рационального потребления ресурсов, в формировании механизма развития ЛПК на основе концепции циркулярной экономики.

Актуальность поставленных проблем и недостаточная их изученность, высокая научно-практическая значимость предопределили выбор цели и задач диссертационного исследования.

Цель диссертационного исследования состоит в теоретическом обосновании формирования и развития лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики. В соответствии с поставленной целью в диссертационном исследовании определены следующие задачи:

- изучить теоретические аспекты циркулярной экономики и возможности ее реализации в лесопромышленном комплексе;
- разработать концептуальный подход к формированию и развитию лесопромышленного комплекса на основе принципов циркулярной экономики;
- предложить классификацию древесных отходов с точки зрения концепции циркулярной экономики;
- разработать модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов на основе принципов циркулярной экономики;
- предложить методику оценки эффективности отдельных направлений переработки древесных отходов;
- разработать механизм развития лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики;
- предложить и обосновать инструменты формирования и развития лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики;
- провести апробацию результатов исследования на примере предприятия лесопромышленного комплекса региона.

Объектом диссертационного исследования является лесопромышленный комплекс региона.

Предметом диссертационного исследования являются управленческие отношения, возникающие в процессе формирования и развития лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики.

Информационную базу исследования составили Стратегия «Европа-2030»; Программа ООН по окружающей среде «Ресурсоэффективность»; Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»; План действий ЕС в области экономики замкнутого цикла; Система мониторинга экономики замкнутого цикла ЕС; Стратегия экологической безопасности РФ на период до 2025 г.; Стратегия развития лесного комплекса РФ на период до 2030 года; Государственная программа РФ «Развитие лесного хозяйства»; материалы ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»»; ФГБУН «Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук»; ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова»; нормативно-правовые документы Красноярского края в области использования древесных ресурсов; опубликованные данные органов статистики России и Красноярского края.

Область исследования. Работа соответствует п. 2.11. «Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий» паспорта специальности ВАК 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика – Экономика промышленности.

Научная новизна. Научная новизна диссертационного исследования заключается в обосновании и разработке теоретических и методических положений по формированию и развитию лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики. Наиболее существенные результаты, характеризующие научную новизну, состоят в следующем:

1. Развита теоретическая основа циркулярной экономики применительно к лесопромышленному комплексу (ЛПК) посредством выявления отраслевых особенностей реализации принципов циркулярной экономики. Разработан концептуальный подход к развитию ЛПК на основе организации замкнутого и каскадного цикла использования древесного сырья и создания механизма развития ЛПК региона на основе модели эффективного и рационального потребления древесных ресурсов. Дополнены и раскрыты принципы реализации циркулярной экономики в ЛПК, включающие: ресурсную эффективность и безотходность производств, формирование замкнутых цепей поставок, нулевые отходы производств, ответственное инвестирование, кластеризацию смежных отраслей и корпоративную экологическую ответственность.

2. На основе действующей классификации ГОСТ Р 56070-2014 «Отходы древесные. Технические условия» предложена классификация древесных отходов, отражающая возможные направления их повторного и каскадного использования с точки зрения концепции циркулярной экономики, учитывающая отраслевую принадлежность возникновения древесных отходов и область их дальнейшего применения: строительная отрасль, химическая промышленность, теплоэнергетическая промышленность, сельское хозяйство и др.

Научной новизной в предложенной классификации является выделение четвертой группы источников образования древесных отходов, в которую включается продукция ЛПК с завершающимся жизненным циклом. Определены бизнес-модели повторного и сопутствующего использования древесного сырья и отходов с целью эффективного и рационального использования ресурсного потенциала.

3. Разработана модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов, включающая распределение древесных отходов по уровням их пригодности к последующей каскадной переработке и с последующим получением готовой продукции. Раскрыто понятие «каскадная переработка древесных ресурсов», рассматриваемое как последовательная производственная цепочка потребления древесных ресурсов с использованием отраслевых

технологий, когда отходы производства одной отрасли являются потенциальным ресурсом для другой. Предложено понятие «продукция с нулевым циркулярным потенциалом» как продукции, отходы от производства которой, или сама продукция по истечению срока полезного использования не имеют потенциала к дальнейшему использованию при действующем уровне развития производственных технологий.

4. Предложена методика оценки эффективности отдельных направлений переработки древесных отходов, дополняющая методики Т.С. Лобовикова, А.П. Петрова, А.В. Ледницкого, А.В. Сахова, Н.А. Лукашук и Н.Г. Синяка. Предложенная методика включает расчет показателей оценки эффективности производства продукции из древесного сырья и отходов, построенного по принципам циркулярной экономики с последующим расчетом обобщающего показателя эффективности переработки ресурсов ЛПК региона с учетом корректирующих коэффициентов эффективности процесса переработки древесных отходов.

5. Разработан механизм развития лесопромышленного комплекса региона на основе принципов циркулярной экономики, включающий субъекты, принципы циркулярной экономики в лесопромышленном комплексе, на основе которых сформулированы этапы развития, включающие оценку экологической ситуации в регионе; анализ производственного потенциала предприятий региона; разработку предложений по внедрению циркулярных бизнес-моделей; формирование плана пространственного размещения кластерных объединений и разработку инструментов формирования и развития лесопромышленного комплекса в условиях перехода к циркулярной экономике. Предложена классификация инструментов формирования и развития ЛПК, отражающая направления, изменений и дополнений в регламентирующих документах в области рационального и эффективного использования древесных ресурсов и возможные варианты инвестирования в инфраструктуру (создание эко-технопарков, региональных центров сбора отходов и т.п.).

Теоретическая и практическая значимость. Полученные результаты диссертационного исследования развивают и дополняют теоретические положения в области формирования и развития лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики, в том числе: концептуальным подходом к формированию и развитию ЛПК на основе принципов циркулярной экономики; моделью эффективного и рационального потребления древесных ресурсов; системой показателей оценки эффективности направлений переработки древесных отходов; инструментами формирования и развития лесопромышленного комплекса на основе принципов циркулярной экономики.

Практическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в возможности их использования органами государственной и региональной власти при разработке и реализации отраслевых программ развития (лесная отрасль, сельское хозяйство, строительная и теплоэнергетическая отрасли), а также корректировки Стратегии социально-экономического развития Красноярского края.

Материалы диссертации могут найти применение в учебном процессе при подготовке и переподготовке специалистов в области отраслевой экономики.

Теоретической и методологической основой исследования послужили труды российских и зарубежных ученых в области циркулярной экономики, региональной и отраслевой экономики, и, в частности, по вопросам формирования и развития лесопромышленного комплекса, отраженные в соответствующих монографиях и публикациях в периодической печати, а также в материалах научных конференций, где рассматривалась данная проблема.

В качестве методологической основы исследования были использованы общенаучные методы исследования: методы системного и логического анализа, методы сравнительного и многофакторного анализа, группировки и обобщения, экспертных оценок, позволяющие обеспечить обоснованные и достоверные выводы по результатам диссертационного исследования.

Основные положения, выносимые на защиту.

- развиты теоретические основы циркулярной экономики и разработан концептуальный подход к формированию и развитию лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики, позволяющий организовать замкнутый цикл использования древесного сырья на основе технологий рециклинга и био-рефайнинга;
- дополнена действующая классификация древесных отходов с точки зрения концепции циркулярной экономики, позволяющая определить направления их повторного и каскадного использования;
- разработана модель потребления древесных ресурсов, отражающая возможные направления эффективного и рационального использования доступного объема сырья и основанная на организации циркулярных бизнес-взаимодействий сопутствующих и смежных отраслей экономики;
- разработана методика оценки отдельных направлений использования древесных отходов, позволяющая определить эффективность производства продукции с использованием вторичного древесного сырья, построенного по принципам циркулярной экономики;
- предложен механизм развития лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики, обеспечивающий эффективное функционирование ЛПК региона; выделены инструменты стимулирования перехода ЛПК к концепции циркулярной экономики.

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов обеспечена использованием в диссертации апробированных научных результатов в области разработки направлений рационального и комплексного использования древесных ресурсов, достигнутых отечественными и зарубежными учеными, а также достаточной полнотой их анализа. Сформулированные по результатам диссертационного исследования научные положения, выводы и рекомендации были разработаны с применением общенаучных методов исследования, не противоречат известным положениям экономических наук, основаны на

официальных информационно-статистических и аналитических материалах, нормативно-правовых и законодательных актах Российской Федерации.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационного исследования, его промежуточные и итоговые теоретические и практические выводы нашли свое отражение в публикациях и докладах на международных и российских научных конференциях: Международная конференция «Экономические и социальные тренды устойчивого развития современного общества – ICEST» (2020, 2021 гг.); Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием) «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки» (2018, 2019, 2020, 2021 гг.); Всероссийская научно-практическая конференция «Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития» (2018, 2019, 2020, 2021 гг.); Региональная научно-практическая конференция «Лесной и химический комплексы: проблемы и решения» (2020 гг.); Региональная научно-практическая конференция «Современные проблемы и тенденции развития экономики и управления бизнес-процессами» (2019, 2020). Разработанные теоретические положения нашли применение при выполнении работ по теме «Экономическая оценка эффективных условий лесозаготовок» по заказу ООО «Красноярский ДОЗ» (2020 г.), а также при организации проектной деятельности обучающихся по заказу отраслевых предприятий региона: «Экономическая оценка производства инновационных видов продукции из древесных отходов» (ЗАО «Новоенисейский ЛХК», 2021 г.); «Исследование факторов, влияющих на себестоимость выпуска продукции деревообработки» (ООО «Красноярский ДОЗ», 2021 г.); «Исследование факторов, влияющих на эффективность условий лесозаготовок» (ООО «Контэк», 2020 г.).

Публикации. По материалам исследования автором опубликовано 19 работ, общим объемом 7,88 п.л. (авторских – 4,72 п.л.), из них 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 – Web of Science и Scopus, ряд публикаций подготовлен соискателем в соавторстве с другими исследователями, при этом

основные результаты, отраженные в диссертационном исследовании и выносимые на защиту, получены автором лично.

Структура и объем диссертационной работы. Структура диссертации определяется логической последовательностью исследования и состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка, состоящего из 228 наименований и 3 приложений. Текст диссертации изложен на 180 страницах, включая 14 таблиц и 20 рисунков.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

1.1 Циркулярная экономика как инструмент внедрения рационального ресурсопотребления

В настоящее время мировая экономика характеризуется линейной моделью ресурсопотребления. Реализация линейной модели («добыть – произвести – утилизировать») привела к загрязнению окружающей среды, увеличению выбросов парниковых газов, организации несанкционированных свалок и нерациональному использованию имеющихся природных и энергетических ресурсов. Возрастающий дефицит ресурсов и ухудшающаяся экологическая ситуация подтолкнули мировое сообщество к переосмыслению традиционной модели экономики. В последнее время большее внимание привлекается к концепции циркулярной экономики.

Понятие «циркулярной экономики» впервые предложено Д.У. Пирсом и Р.К. Тернером в 1990 г. Циркулярная экономика возникла на стыке двух наук: экологии и экономики, по причине чего первые работы по развитию данной концепции носили экологический уклон [109, 205]. По мнению Сергиенко О., Рона Х. циркулярная экономика – это глобальная экономическая модель, которая отделяет экономический рост и развитие от потребления конечных ресурсов [130]. Мельник Л.Г. и Хелс Л. трактуют понятие «циркулярной экономики» как деятельность по производству, распределению и потреблению благ, основанная на принципах сбережения различных ресурсов и материалов, «безотходного хозяйства» [102]. По Мюррей А. циркулярная экономика – это экономическая модель, в которой как результаты, так и собственно процессы ресурсообеспечения и производства планируются и организуются таким образом, чтобы максимизировать благосостояние людей и эффективность функционирования экосистем [106, 186]. По мнению Машуковой Б.С. циркулярная экономика – это философия вторичного использования и извлечения прибыли из того, что раньше

считалось ненужным и отправлялось в утиль в рамках триады традиционной линейной экономики [101]. Циркулярная экономика – это один из инструментов решения экологических проблем обеспечения стабильного экологического будущего [115].

Таким образом, циркулярная экономика – экономика, для которой характерны восстановительный и замкнутый характер потребления ресурсов. Циркулярная экономика сосредоточена на сокращении отходов и объемов потребления первичного сырья за счет поиска эффективных и возобновляемых источников энергии и инновационных технологий переработки ресурсов и отходов. Развитие циркулярной экономики сегодня продвигается во многих странах мира с целью противодействия глобальным экологическим угрозам [91, 133, 153].

Важным контуром внутри циркулярной экономики является концепция низкоуглеродной экономики, которая предполагает рациональное использование ресурсов; сокращение выбросов парниковых газов; социальную ответственность бизнеса и его ориентированность на экологизацию производства [89, 103, 148].

На сегодняшний момент существует более десятка визуализаций модели циркулярной экономики, при этом все они обладают похожей структурой. Наиболее распространенной и полной по содержанию является модель, основанная на разработках фонда Ellen MacArthur (Эллен МакАртур), деятельность которого направлена на формирование нового позитивного будущего в рамках циркулярной экономики. Также фонд Эллен МакАртур является одним из основателей Платформы Ускорения Циркулярной Экономики (Platform for Accelerating the Circular Economy – PACE). Субъектами платформы являются представители бизнеса, государственных учреждений, население, ученые и т.д. Платформа PACE была запущена в рамках Всемирного экономического форума, посвященного циркулярной экономике [136, 205]. Благодаря результатам деятельности фонда Эллен МакАртур появился теоретический фундамент применения циркулярной экономики в государствах за

рубежом. В качестве основополагающего фактора здесь выделяют замкнутый характер цепи поставок (рисунок 1).

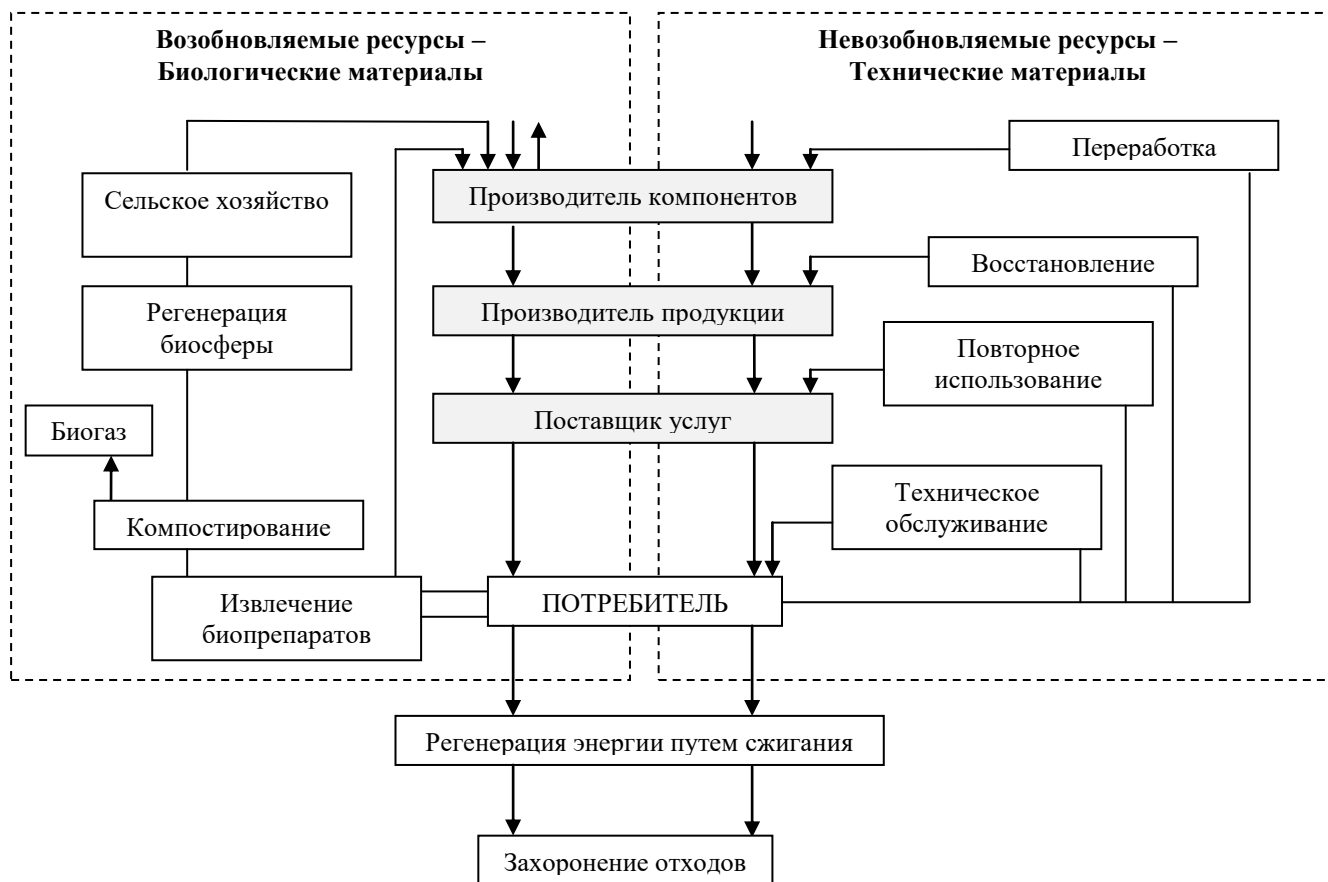


Рисунок 1 – Теоретическая модель циркулярной экономики [205]

Циркулярная экономика не ограничивается решением проблемы эффективной переработки ресурсов и отходов, она дает толчок к развитию инновационного потенциала страны и поиску новых подходов к организации производства и потребления на всех этапах жизненного цикла продукта. Также выделяют три механизма, которые направлены на сокращение потребления материалов и, как следствие, снижения связанного с ним негативного воздействия на окружающую среду:

- замыкание оборота ресурсов – замены первичных ресурсов вторичным сырьем (переработанными отходами) или бывшими в употреблении, отремонтированными, восстановленными изделиями.

- замедление оборота ресурсов – снижение потребления первичных ресурсов за счет продления срока службы имеющихся изделий (ремонтопригодность и утилизируемость, возможность разборки извлечения составных частей, пригодных для последующей службы и т.п).

- сужение потоков ресурсов – уменьшение удельного расхода первичных ресурсов, экономичное использование имеющихся ресурсов и активов, внедрение инновационных производственных технологий и т.п.; при этом сужение потока ресурсов не подразумевает замкнутости их оборота [142].

В основе концепции циркулярной экономики лежит теория «четырех R»: сокращение – Реутилизация – Реабилитация – переработка», в оригинале – Théorie des «4R»: Réduire – Réutiliser – Réhabiliter – Recycler) на всех уровнях производства и потребления. Соблюдение данных принципов позволяет:

- сохранить имеющиеся природные ресурсы за счет эффективного и рационального использования запасов сырья, использования возобновляемых источников энергии, создания благоприятных условий для восстановления окружающей среды и виртуализации предоставления услуг;

- повысить уровень рациональности использования ресурсов путем их вовлечения во вторичный цикл потребления (переработка отходов);

- снизить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Циркулярная экономика является одним из направлений зеленой экономики. Зеленая экономика – экономика, приводящая к улучшенному благосостоянию людей и социальному равенству значительно уменьшая экологические риски и экологические дефициты. Зеленая экономика достигается через производственные системы, использующие трудовые и природные ресурсы с наименьшим «экологическим следом» [9, 176]. Циркулярная экономика предлагает современные подходы к повышению эффективности использования ресурсов, достижению социального эффекта в сфере потребления товаров за счет расширенной ответственности производителя, а также снижению экологической нагрузки. Концепция циркулярной экономики выступает практической основой

реализации зеленой экономики и предлагает действенные модели, способствуя достижению целей устойчивого развития общества.

Для повышения эффективности использования ресурсов в циркулярной экономике рассматриваются принципиально новые подходы к использованию ресурсов – циркулярные бизнес-модели. Циркулярные бизнес-модели ориентированы на использование меньшего количества материалов и ресурсов для производства продуктов и/или услуг, продлению срока службы существующих продуктов и/или услуг путем ремонта и восстановления, завершению жизненного цикла продуктов путем переработки, извлекая выгоду из остаточной стоимости продуктов и материалов [33, 80]. Циркулярные бизнес-модели охватывают основные этапы жизни продукта, тем самым создавая условие для безотходного использования ресурсов на протяжении всего жизненного цикла. На основании мирового практического опыта реализации циркулярной экономики экспертами компании Accenture разработана классификация циркулярных бизнес-моделей, реализуемых как в отдельности, так и совместно. Предложенная классификация циркулярных бизнес-моделей получила большое распространение во всем мире:

1. Циркулярные поставки (Circular suppliers). Бизнес-модель направлена на организацию повторного использования отходов одного производства в качестве сырья для производства другого продукта. Реализация бизнес-модели возможна при организации научных исследований и инновационных разработок. Лидерами в реализации данной модели выступают такие отрасли как автомобилестроение (Groupe Renault, Novelis с Ford Motor Company) и энергетика (North European Bio Tech Oy, Финляндия, POET-DSM Advanced Biofuels, США) [148].

2. Восстановление ресурсов (Resources recovery).

Восстановление ресурсов за счет разработки инновационных технологий и материалов на основе отходов производств, что приведет к сокращению отходов и повышению рентабельности производства. Примером реализации данной модели является ряд мировых компаний. В пищевом производстве примером реализации бизнес-модели восстановления ресурсов является повторное использование

некондиционных хлебобулочных изделий в приготовлении пива [173, 193]. Производственный процесс завод Heineken предусматривает использование всех ресурсов и отходов компании (воды, тепла, переработку пивных бутылок и т.д.) [188]. Представители компании Heinz совместно с рабочей группой специалистов Ford, Coca-Cola, Nike и P&G провели исследования по разработке инновационного материала из побочных продуктов завода Heinz. Материал может использоваться в автомобилестроении и в производстве одежды и упаковочных материалов [212]. DSM создана инновационная технология производства ковров, пригодных для вторичной переработки [214]. В Нидерландах создана онлайн-платформа строительных материалов Madaster, которая содержит информацию о местонахождении, количестве и качестве материалов и сырья использованном при строительстве, что сокращает временные и трудовые затраты на поиск и сбор материалов для повторной переработки [182].

3. Платформы для обмена и совместного использования (Sharing platforms).

Бизнес-модель обеспечивает продвижение платформ для взаимодействия между пользователями продукта, что приводит к повышению уровня его использования. К данной модели относятся ресурсы обмена транспортом (сервисы такси), поиска попутчиков и каршеринг (BlaBlaCar, RelayRides, Airbnb); сервисы сдачи в долгосрочную аренду промышленного оборудования (Machinery Link Solutions и Yard Club [196]), сервисы сдачи в аренду помещений, бытовых приборов, одежды, помощи соседям, и т.д.

4. Продление жизненного цикла продукта (Product life extension).

Бизнес-модель реализуется за счет ремонта, модернизации, реконструкции или восстановления. Необходимым условием перехода на данную бизнес-модель является разработка программ по сбору, восстановлению, капитальному ремонту и модернизации промышленного оборудования, станков, техники. Корпорации Caterpillar, Ponsse, SR-Harvesting покупают неработающую технику, технологические машины и т.р., проводят демонтаж, проверку и отбор составных частей. Рабочие детали очищаются и повторно с гарантией поступают на рынок запасных частей. Нерабочие компоненты отправляются в переработку [175, 215].

Компания IKEA организовала пункты сбора мебели, одежды и прочих бытовых материалов для повторной переработки [216]. Компания Zebra предлагает полное сопровождение от покупки новых устройств до обратной продажи, покупки или аренды сертифицированных восстановленных устройств, безопасной утилизации устройств по окончании срока их использования [221].

5. Продукт как услуга (Product as a service).

Потребители используют продукцию посредством долгосрочной аренды с последующим возвратом продукции, что ориентирует производителя на производства качественных и долговечных товаров. Примером являются компании Xerox, Michelin, Philips, общая идея заключается в реализации не самой продукции компании, а в услуге, которую потребитель получает от пользования продукцией [148].

В России также встречаются примеры реализации циркулярных бизнес-моделей: ПАО «Интер РАО» – внедрение систем оборота водопользования, ПАО «ГМК «Норильский никель» – использование более 50% собственных отходов в повторном производственном цикле; ПАО «СИБУР Холдинг» – полный переход на концепт циркулярной экономики; ПАО «Газпром» – использование вторичных возобновляемых источников энергии и вторичных энергетических ресурсов; ПАО «НК «Роснефть» – повторное использование сточных вод [69, 159].

Эффективность функционирования циркулярных бизнес-моделей зависит не только от квалификации исполнителей, финансирования и т. д., но и от ряда внешних условий. В настоящее время внедрение циркулярной экономики активно продвигается Европейской комиссией. «Зеленый новый курс» («Green New Deal»), представленный Еврокомиссией, направлен на укрепление связи между экономическими и экологическими аспектами [213].

Важным структурным элементом для реализации этой стратегической повестки является Новый план действий по развитию циркулярной экономики. В соответствии с данным Планом рамочными условиями реализации циркулярной экономики являются:

1. Экодизайн или экологическое проектирование. Экодизайн позволяет разрабатывать продукты, которые производятся с меньшими затратами ресурсов или с использованием переработанных и возобновляемых ресурсов, а также состоят из компонентов, которые служат дольше и проще в обслуживании, ремонте, модернизации и подвергаются вторичной переработке. Экодизайн способен снизить производственные затраты. Если изделия рассчитаны на более длительный срок службы, их ценность сохраняется в обществе намного дольше. С экологической точки зрения экодизайн может помочь отвязать экономический рост от потребления ресурсов [213].

2. Увеличение срока службы изделий и повторное использование продуктов и компонентов. Седьмая Программа действий ЕС по охране окружающей среды призывает к принятию мер, касающихся долговечности, пригодности для ремонта, повторного использования и рециклинга, содержания вторичного сырья и жизненного цикла продукции. В Рамочной директиве по отходам 2008 года была установлена пятиступенчатая иерархия отходов, позволяющая рассматривать эффективные технологии по многоступенчатой переработке отходов.

3. Государственная поддержка практик повторного использования. Инициативы по повторному использованию часто поддерживаются такими конкретными политическими мерами, как создание местных и региональных сетей повторного использования, разработка обязательных стандартов качества и определение гарантийных обязательств и т.д. Например, во Франции производители обязаны информировать потребителей о сроках, в течение которых будут доступны запасные части и обязаны снабжать запчастями ремонтный сектор. Также одной из успешных форм государственного вмешательства является увязка повторного использования с социально-ориентированной политикой занятости, когда рабочие места предлагаются менее квалифицированным или длительно безработным работникам («Kringloop» (Бельгия) [213].

Для успешной реализации циркулярной экономики существует ряд ключевых составляющих (рисунок 2).

Регенерация	• снижение экологического воздействия; • восстановление и сохранение здоровья экосистем; • возврат ресурсов и т.д.
Совместное использование	• совместное пользование производственных активов; • формирование бизнес-связок циркулярного потребления отходов и т.д.
Оптимизация процессов	• повышение уровня использования сырья; • уменьшение потребления природных ресурсов; • удаление отходов в цепочке производства и т.д.
Создание «петли»	• использование вторичных ресурсов и отходов; • использование продукции с истекшим сроком полезного использования и т.д.
Виртуализация	• создание доступа к виртуальным данным; • сокращение использования бумажных носителей и т.д.
Обмен	• внедрение новых технологий; • выбор в пользу инновационной продукции; • реализация отходов и т.д.

Рисунок 2 – Ключевые составляющие циркулярной экономики

Источник: составлено автором на основе [179]

Регенерация ресурсов позволит вернуть отходы в качестве сырья в последующие производственные циклы, что приведет к снижению потребности в первичных ресурсах. Оптимизация процессов, совместное использование активов и обмен опытом позволит снизить уровень затрат на развитие и освоение инновационных производств, приобретение оборудования и модернизацию действующих производств. Также это позволит сформировать кластерные структуры управления, ориентированные на эффективное и рациональное использование ресурсов [117]. Реализация ключевых составляющих развития циркулярной экономики возможна за счет формирования партнерских взаимоотношений между представителями различных отраслей народного хозяйства и совместного использования сырья. В перспективе развитие циркулярной экономики приведет к сокращению потребления первичного сырья, что позволит снизить экологическую нагрузку.

На сегодняшний момент концепция циркулярной экономики приобрела большую популярность во всем мире (таблица 1). Прослеживается тенденция в изменении структуры производства и потребления ресурсов, переориентация на устойчивое развитие, при этом каждая страна имеет свои отличительные особенности внедрения циркулярной экономики.

Таблица 1 – Примеры международного опыта перехода к циркулярной экономике

Страны	Примеры внедрения
1	2
Нидерланды	Компания «Netherlands as a Circular Hotspot». Цель – занять лидирующие позиции в мире по внедрению принципов циркулярной экономики
Германия	Концерн BMW – внедрение технологии рециклирования отходов
Великобритания	Стимулирование малоотходных производств
США	Компания HP разработала программу Planet Partners по утилизации отработанных картриджей
	Компания Dell с 2008 г. Запустила производство компьютеров и комплектующих из переработанных материалов
Франция	Автомобильный концерн Renault – собственный завод по переработке

Окончание таблицы 1

1	2
	автомобильных отходов.
Китай	Законодательные акты по продвижению циркулярной экономики Китайская ассоциация циркулярной экономики (China Association of Circular Economy)
Южная Корея	«Стратегия зеленого развития»
Япония	Строительство «Общества правильного материального цикла»
	Компания Toyota – внедрение системы бережливого производства
	Закон о содействии эффективному использованию ресурсов, 2000г.
Казахстан	Концепция по переходу к зеленой экономике на 2013-2020 г.
Турция	Программа Nero-Zero Waste, 2015г., направленная на минимизацию отходов и повышение эффективности использования ресурсов в промышленности, агробизнесе и муниципальном секторе.
Финляндия	«Стратегическая программа действий» и «Энергетическая и климатическая стратегия Финляндии»
	«CircularEconomyCentre» («Центр циркулярной экономики») на базе промышленного парка цифровых технологий Кемпи-Торнио (Kemi-TornioDigipolis), 2017 г.
	Кластер био-циркулярной экономики ECO3 в районе эко-промышленного парка в регионе Пирканмаа, 2017 г.
	Центр CircularEconomyVillage в г. Риихимяки на базе перерабатывающего завода компании Fortum, 2017 г.
	Агентство BuisnessFinand запустило программу «BioandCircularFinland» («Био и циркулярная Финляндия») на 2019-2022г.
	Лесопромышленный концерн StoraEnso. Разработка материала DuraSense – смесь древесных волокон, полимеров и других добавок
	Neste совместно с IKEA заключили соглашение о совместной разработке полипропиленового пластика (ПП) на основе биосырья, 2019 г.

Идея рационального использования ресурсов нашла свое отражение еще в 2008 году в European Raw Materials Initiative. Данная инициатива способствовала формированию списка дефицитных сырьевых товаров, неэффективное использование которых в большей степени оказывает негативное влияние на

экономику ЕС. Применение концепции циркулярной экономики способствует снижению рисков, связанных с поставками значимого для экономики Европы сырья, так как большая часть дефицитных сырьевых товаров импортируется из Китая, Мексики, США, России. Европейская комиссия отмечает факт экономии потребления энергии и воды при использовании в промышленности вторичных дефицитных сырьевых товаров. Инициатива рециклинга сырья охватывает следующие сектора: горнодобывающую промышленность, полигоны для захоронения отходов, электрическое и электронное оборудование, аккумуляторные батареи, автомобильную промышленность, возобновляемую энергетику, оборонную промышленность, химическую продукцию и удобрения [111].

В 2015 году Европейская комиссия приняла масштабный «Пакет по экономике замкнутого цикла» [172, 197]. Главный его элемент – План действий Европейского Союза по реализации экономики замкнутого цикла. В настоящее время Европейский Союз позиционирует себя как одного из лидеров в области реализации и продвижения концепций устойчивого развития в целях снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду. В рамках Плана действий 2015 года Европейская комиссия приняла «Систему мониторинга экономики замкнутого цикла» [204]. Также, Евростат разработал «Диаграмму Сэнки для отображения материальных потоков» вместе с базовыми наборами данных [222].

В 2017 году по инициативе Европейской комиссии и Европейского экономического и социального комитета была основана платформа для заинтересованных сторон в циркулярной экономике (European Circular Economy Stakeholder Platform). Платформа была создана для обмена опытом, знаниями, идеями по переходу от линейной модели потребления к циркулярной посредством налаживания партнерских связей, сотрудничества и выявления барьеров на пути перехода к циркулярной экономике [38].

В 2020 году Европейская комиссия приняла новый План действий в области экономики замкнутого цикла, который является частью масштабной программы «Европейского зеленого курса» [178, 198]. План действий охватывает весь

жизненный цикл товаров и затрагивает этапы проектирования, продвижения процессов замкнутой экономики, устойчивое потребление и гарантия длительного использования ресурсов в экономике ЕС [142].

В 2021 году Европейская комиссия представила обновленную промышленную стратегию Евросоюза – «Европа 2030»: рамочная программа Европейского союза по исследованиям и технологическому развитию» [210]. В стратегии особое внимание уделено развитию промышленных экосистем, а также определена важность перехода к низкоуглеродной экономике, устойчивому производству и потреблению, т.е. так называемой циклической экономике. Переход к «циклической экономике» позволит достичь целей устойчивого развития ЕС [43, 56, 211]. В Стратегии «Европа 2030» выделены следующие приоритетные области для развития циркулярной экономики: производство пластмассы; пищевые отходы; сырьевые материалы; строительство и снос; биомасса и биопродукция; инновации, инвестиции и другие меры [38, 111].

ЕАОС разработало концепцию экономики замкнутого цикла, которая может применяться на европейском, национальном или местном уровне. ЕАОС в партнерстве с Итальянским институтом охраны окружающей среды и исследований (ИСПРА) реализует инициативу, получившую название «процесс Белладжио» Инициатива направлена на использования примеров прогрессивной практики, а также инновационных идей для определения общих принципов, касающихся методов контроля. Эти принципы затем лягут в основу дальнейшей разработки показателей и систем мониторинга в поддержку «Европейского зеленого курса» [198].

Германия, обладая индустриальной экономикой, сформировала переход к циркулярной экономике через доступность материальных ресурсов и представила закон об экономике замкнутого цикла в 2012 году. Нидерланды ориентированы на производство инновационных видов продукции. Правительство Нидерландов подготовило «Общегосударственную программу создания в Голландии экономики замкнутого цикла к 2050 году». В целях программы сделать голландскую экономику полностью замкнутой, сократив на 50 процентов объем

использования первичных. Также в программе намечены шаги по преобразованию к 2050 году голландской экономики в полностью устойчивую и замкнутую экономику [201]. Обязательным условием перехода к замкнутой экономике является организация взаимодействия государственных органов, научных учреждений, экологических и промышленных организаций, финансовых учреждений и общества. С данной целью было разработано «Национальное соглашение о сырье» [203].

Национальная комиссия по развитию и реформам Китая в 2021 году опубликовала План развития экономики замкнутого цикла на 14-й пятилетний период, ключевыми задачами которого являются создание отраслевой системы переработки ресурсов и повышение эффективности использования ресурсов, развитие общества, ориентированного на переработку и углубление развития аграрной экономики замкнутого цикла и создание соответствующего сельскохозяйственного производства [142].

Министерством природных ресурсов Канады совместно с муниципалитетом по аспектам экономики замкнутого цикла подготовили «Канадскую инициативу по нулевым пластмассовым отходам», в будущем планируется разработка программы замкнутого цикла металлов и продуктов питания [202]. Для перехода к модели экономики замкнутого цикла Министерство окружающей среды и устойчивого развития Колумбии разработало Национальную стратегию экономики замкнутого цикла, которая определяет средства достижения краткосрочных и среднесрочных целей страны в этой области.

Правительство Китая принимает циркулярную экономику как жизненно важную стратегию по достижению целей устойчивого развития, о чем свидетельствует разработка законодательных актов по продвижению циркулярной экономики и формирование Китайская ассоциация циркулярной экономики (China Association of Circular Economy).

Правительство Финляндии в 2015 году опубликовало «Дорожную карту по развитию экономики замкнутого цикла». Документ включает меры политики, ключевые проекты и проекты для облегчения перехода от линейной экономики к

экономике замкнутого цикла [185, 199]. «CIRCWASTE» – комплексный проект Финляндии, который способствует эффективному использованию потоков материальных ресурсов, предотвращению образования отходов и использованию новых концепций управления отходами и ресурсами [198, 200].

Шотландия первой в мире вступила в клуб Circular Economy 100 (CE100), созданный по инициативе Фонда Эллен МакАртур. Концепции национального развития предусматривают кардинальное изменение систем управления отходами, нацеленность на максимальное извлечение вторичных ресурсов из отходов и их использование в промышленном производстве взамен природного минерального сырья.

Беларусь относится к числу стран, регламентирующих процесс перехода к циркулярной экономике – разработка «Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года» [20], в стратегии освещены вопросы эффективного использования первичных ресурсов, обращения с отходами и производства товаров из вторичного сырья [84]. При поддержке Германии в Беларуси реализуется проект «Укрепление потенциала стратегического планирования и управления региональными структурными преобразованиями в Беларуси в контексте экономики замкнутого цикла» [20].

В Казахстане в 2013 году была разработана Концепция перехода к «зеленой экономике» и создана ассоциация «KazWaste», которая направлена на организацию сбора, транспортировки, утилизации отходов и производства продукции из вторичных материалов. В настоящий момент более 500 специализированных предприятий занимаются переработкой отходов, внедряются пилотные проекты по раздельному сбору отходов. Повторной переработке подлежат стекло, бумага, пластик, биоотходы, отработанные шины, масла, аккумуляторы, ртутные лампы и т.д. [198].

В России законодательство в области переработки отходов претерпело существенные изменения. Согласно Указа Президента РФ № 176 от 19.04.2017 г. «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г.» [18] появляются предпосылки для формирования и развития устойчивого

развития и элементов циркулярной экономики, введена расширенная ответственность производителя, института регионального оператора по обращению с отходами. Документом, подтверждающим переход и внедрение принципов циркулярной экономики, является распоряжение Правительства РФ № 84-р от 25 января 2018 г. «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» [9] и ряд других. Создан Российский экологический оператор, целью которого является софинансирование инвестиционных инфраструктурных проектов в сфере отходов и создание федеральной схемы по обращению с отходами; сформированы справочники наилучших доступных технологий; в Татарстане утверждена Программа научно-образовательного центра (НОЦ) мирового уровня «Циркулярная экономика».

Перечисленные изменения в России осуществлены с учетом опыта европейских стран. При этом отдельный сбор отходов не является обязательным, а носит рекомендательный характер, что не способствует переходу к циркулярной экономике. Сегодня перед Россией стоят серьезные барьеры, препятствующие переходу к циркулярной экономике (таблица 2). Несмотря на активные шаги по преобразованию системы обращения с отходами (рекультивация полигонов и ликвидация несанкционированных свалок) Россия продолжает функционировать по модели линейной экономики. Больше внимание законодательства направлено на создание дополнительных производственных мощностей по переработке отходов – мусоросжигательных заводов и полигонов для размещения отходов. Сложившаяся система тарифов не мотивирует использование экологических методов обращения с отходами – сумма экологических сборов намного меньше затрат на организацию сбора и доставки отходов в пункты переработки [42, 66, 75]. Экологический сбор поступает в доходы федерального бюджета, средства которого направляются на финансирование наименее устойчивых способов обращения с отходами. Еще одним из недостатков регулирования процесса перехода к циркулярной экономике является отсутствие посредников, заинтересованных в предотвращении образования отходов [37].

Тенденции развития экономики России противоречат положениям циркулярной экономики. Складирование отходов производится путем образования свалок. На данный момент экологическая ситуация в стране характеризуется как негативная. Согласно Указу президента Российской Федерации «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г.», состояние окружающей среды на территории Российской Федерации оценивается как неблагоприятное по экологическим параметрам [9, 86].

Таблица 2 – Барьеры перехода России к циркулярной экономике

Проблемы	Характеристика
Экономические проблемы	– существенные расходы на переоборудование производств; – увеличение стоимости продукции на моменте перехода; – низкая инвестиционная привлекательность отрасли; – низкая заинтересованность со стороны бизнеса в работе в бизнес-связках; – стремления к быстрой выгоде.
Социальные проблемы	– сопротивление переменам; – неосведомленность о важности и принципах внедрения модели циркулярной экономики; – укоренившийся менталитет.
Институциональные проблемы	– привычная модель традиционной экономики; – сложность в выстраивании ценностной цепочки для производства; – экологические цели второстепенны экономическим; – господдержка ресурсодобывающего сектора; – отсутствие обязательной сертификации продукции.
Технологические проблемы	– большинство продукции не приспособлено к вторичной переработке; – неосведомленность о перспективных технологиях по переработке отходов; – слабый производственный потенциал предприятий; – отсутствие квалифицированных специалистов.

Источник: составлено автором на основе [148, 179]

Специфика циркулярной экономики в России обусловлена преобладанием экономических целей над экологическими. Превалирование экологических целей над экономическими в ряде европейских стран не только не приблизило их к реализации циркулярной экономики, но нанесло значительный ущерб национальным экономическим системам и обществу [60, 64]. Для успешной смены традиционной модели потребления на циркулярную модель необходимо создание бизнес-связок, обновление нормативных актов государственного регулирования и поддержки в сфере переработки отходов и смены общественного менталитета [49].

Преимущество создания бизнес-связок заключается в том, объединения предприятий различных отраслей будут владеть всеми звеньями производственной цепочки, что позволит оптимизировать и удешевить процесс переработки отходов и производства продукции из вторичных материалов. Как следствие – уменьшение вреда окружающей среде и снижение рисков по взаимодействию с поставщиками.

Существуют классические причины торможения инновационного развития промышленности России: текущая сырьевая структура российской экономики, высокий уровень коррупции, вытекающие отсюда трудности с финансированием модернизации и привлечением иностранных инвестиций и т.д. Также основной проблемой на пути перехода России к циркулярной экономике является незаинтересованность промышленных предприятий в создании бизнес-сообществ для реализации целей эффективного и рационального использования ресурсов [41, 113, 174].

Дополнительными преградами для перехода к циркулярной экономике является господдержка добывающего сектора, укоренившийся российский менталитет «недоверия», низкий уровень осведомленности и понимания последствий плохой экологии, а также неумение договариваться и совместно работать на долгосрочный период. Основа менталитета большинства россиян – это стремление быстро заработать и вложить полученные денежные средства преимущественно в материальные вещи (квартиры, автомобили и т.д.).

Сложившаяся ситуация, безусловно, обоснована также и рядом объективных обстоятельств, таких как неосведомленность о важности циркулярной экономики и ожидаемых положительных эффектах от ее реализации [30, 141]. Данная проблема является следствием пробелов в действующем законодательстве. Для перехода к циркулярной экономике предстоит внести изменения, касающиеся не только продуктов и услуг, технологий производства, моделей получения дохода, работы с потребителями, но и отношений с партнерами и конкурентами.

Для преодоления указанных барьеров необходимым условием является слаженная работа субъектов процесса потребления ресурсов, к которым относятся население, государство, бизнес-сообщество и научные организации. Переход России к циркулярной экономике может стать началом глобального процесса переориентации всех отраслей народного хозяйства на модель оборотного использования ресурсов, что в дальнейшем позволит решить большое количество актуальных экологических проблем современности.

Исходя из вышесказанного, можно выделить следующие ключевые преимущества от реализации модели циркулярной экономики:

- дополнительная финансовая выгода – за счет появления новых перерабатывающих производств и снижения себестоимости производства продукции;
- улучшение социальной ситуации – за счет создания дополнительных рабочих мест и прироста уровня доходов населения;
- инновационный рост – распространений циркулярных бизнес-моделей в сфере производства;
- снижение антропогенного воздействия на окружающую среду – сокращение объемов добычи и заготовки природных ресурсов, сокращение выбросов, сохранения биологического разнообразия и плодородности почв и т.д.

Переход России к циркулярной экономике – это сложный и многоэтапный процесс в виду наличия специфических особенностей функционирования каждой из отраслей народного хозяйства.

Одной из ключевых отраслей применения циркулярной экономики являются промышленные комплексы, которые занимают большую часть экономического развития всех государств. Иными словами, промышленные комплексы, безусловно, должны быть рассмотрены в контексте применения и внедрения принципов циркулярной экономики. При этом наибольший эффект от перехода к циркулярной экономике наблюдается в тех отраслях промышленности, где в качестве первичного сырья используются природные ресурсы. Лесопромышленный комплекс является объектом для реализации концепции циркулярной экономики в виду большой экологической важности ресурсов леса и наличия различных направлений каскадной переработки древесных ресурсов.

1.2 Концептуальный подход к формированию и развитию лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики

Лесная промышленность – это совокупность отраслей, заготавливающих и обрабатывающих древесину, производящих из древесных ресурсов, посредством химической и механической обработки, готовую продукцию различной степени технологической сложности [4]. Основной продукцией лесопромышленности являются круглый лес, бумага, деревянные изделия, доски, лесохимические товары. Проблема эффективного и рационального потребления лесных ресурсов актуальна для многих стран, располагающих большими запасами древесных ресурсов – Россия, Канада, Финляндия, Швеция.

Современная модель экономики Финляндии сконцентрирована вокруг отраслей лесного комплекса. Государственная программа (National Forest Programme) направлена на организацию глубокой лесопереработки; развитие исследований и разработок для роста производительности в ЛПК; разработку экологических технологий в отрасли; внедрение системы лесной сертификации (FFCS – Finnish Forest Certification Scheme); развитие биоэнергетики на древесном

топливе (направление «зеленой энергетики»). В Швеции наблюдается активное внедрение новых технологий в ЛПК, внедрение стандартов лесной сертификации FSC и PEFC; использование модели интенсивного лесного хозяйства (формирование взвешенной системы рубок, восстановление лесов). В Канаде многие инновационные товары производятся в ЛПК (биопластик, биоэнергетика, строительные материалы и сооружения из дерева). Правительство оказывает поддержку развитию лесных кластеров, привлечению необходимых инвестиций, а также в формировании специальных образовательных программ. Канада сформировала собственную систему лесной сертификации (Canadian Standards Association – CSA) [151].

С 2019 года Министерство природных ресурсов России приступило к корректировке текста Стратегии развития лесной отрасли. Приоритетным направлением обновленной Стратегии является организация перехода к принципам циклической экономики. По мнению Почетного Члена Консультативного Комитета ФАО ООН по устойчивости Лесного сектора, профессора Э.Л. Акима реализации циркулярной экономики в ЛПК будет способствовать устойчивое лесопользование и создание плантаций ускоренного роста; глобальное многократное использование вторичного волокна; внедрение технологий биорефайнинга, производство биотопливо и каскадное использование древесины; космический мониторинг лесов и углеродного баланса лесов [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Лидером в данном направлении становятся крупные предприятия, такие как ООО «Кроношпан», ориентированное на внедрение наилучших из доступных технологий, позволяющих минимизировать углеродный след предприятий. На производстве ООО «Кроношпан» использует систему фильтрации воды и воздуха, устанавливают необходимое оборудование для рециклинга отходов. Такое рациональное потребление ресурсов позволяет внедрять принципы циркулярной экономики и оптимизировать производственные бизнес-процессы. Основной целью руководства ООО «Кроношпан» является использование натуральных материалов, которые можно впоследствии переработать. Не менее

значимо и качество изготавливаемой продукции, а также её устойчивость ко внешнему воздействию [208].

Существуют проблемы, тормозящие дальнейшее развитие ЛПК России: нерациональное использование ресурсов и большой процент отходов от производства; перерасход воды при производстве продукции из древесины; загрязнение близлежащих рек сточными водами и другими отходами; частые и несанкционированные вырубки лесов и т.д. [34] Решением данных проблем должно заниматься не только государство, но и предприятия, обеспечивающие вырубку и переработку лесных ресурсов [35, 39, 107]. Устойчивое и планомерное развитие ЛПК России будет обеспечено в случае организации переработки всего объема заготавливаемых ресурсов, т.е. при рациональном использовании первичного древесного сырья.

Опыт развития ЛПК ведущих стран показывает, что основной тенденцией становится инновационно-ориентированное развитие отрасли в сочетании с комплексным использованием сырьевого потенциала ЛПК [77, 164]. Инновационное развитие отрасли обеспечивается за счет применения инновационных технологий лесопользовании и формирования лесопромышленных кластеров при помощи механизмов государственного регулирования. Производственные и технологические процессы в ЛПК развитых стран имеют тенденцию к вертикальной интеграции по технологической цепи и позволяют реализовать идею замкнутого цикла переработки древесных ресурсов. Таким образом, лесной сектор занимает лидирующее положение в переходе к концепции зеленой экономики и циркулярной экономики.

В России необходимо решать основное противоречие, выражающееся в наличии больших объемов лесных ресурсов при низком уровне их освоения [36, 46]. В настоящий момент большинство предприятий ЛПК ориентировано на комплексное использование древесных ресурсов, что подтверждается наличием различных направлений использования древесных отходов – пеллеты, топливные брикеты и т.д. Функционирование лесопромышленного комплекса России на основе концепции циркулярной экономики предполагает использование

древесных отходов в производстве таких видов продукции, отходы от производства которых могут быть также использованы в повторном производственном цикле. Сама продукция по истечению срока полезного использования может быть повторно возвращена в производственный цикл в качестве сырья. Организация процесса оборотного использования древесных ресурсов и отходов наиболее эффективна в случае вовлечения сторонних отраслей народного хозяйства.

Обзор существующих технологий переработки древесного сырья позволит определить потенциальные отрасли-партнеры, взаимодействие с которыми позволит повысить уровень использования древесного сырья до 100%. На основе выявленных направлений возможна организация бизнес-взаимодействия различных отраслей.

Смена традиционной модели потребления древесного сырья на циркулярную модель предполагает формирование нового концептуального подхода в ЛПК. Внедрение концепции циркулярной экономики в деятельность лесопромышленного комплекса позволит повысить эффективность потребления древесных ресурсов и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. Концептуальный подход предполагает предварительную разработку концепции исследования, то есть формирование комплекса ключевых положений, которые определяют общую направленность и преемственность исследования [99, 131]. Концептуальный подход к формированию и развитию лесопромышленного комплекса на основе принципов циркулярной экономики должен включать следующие основные элементы (рисунок 3).

Сущность предлагаемого концептуального подхода заключается в организации замкнутого цикла использования древесного сырья с производством высокоэффективной продукции на основе концепции циркулярной экономики и создания механизма развития ЛПК на основе модели эффективного и рационального потребления древесных ресурсов на уровне региона, в формировании инновационной продукции в сопутствующих и смежных отраслях.

Определение принципов циркулярной экономики в ЛПК является основой для разработки концептуального подхода к формированию и развитию лесопромышленного комплекса в условиях перехода к циркулярной экономике. Принцип – это основная руководящая идея, составляющая методологическую основу теории, предметной области или науки в целом [209].



Рисунок 3 – Концептуальный подход к формированию и развитию ЛПК на основе концепции циркулярной экономики

Источник: составлено автором [155]

Таким образом, предложены следующие принципы циркулярной экономики применительно к ЛПК:

1. Ресурсная эффективность и безотходность производств – достижение высокого уровня освоения исходного объема сырья за счет создания каскадных производственных циклов, рециклинга и био-рефайнинга;

2. Формирование замкнутых цепей поставок – организация использования древесных отходов в производственном процессе сопутствующих и смежных отраслей экономики;

3. Обеспечение нулевых отходов производств за счет пересмотра жизненного цикла ресурсов и использования инновационных технологий на всех стадиях изготовления продукции;

4. Ответственное инвестирование – добросовестная реализация инвестиционных инициатив, когда инвестор стремится учитывать влияние факторов окружающей среды, социальных факторов и факторов управления в процессе принятия инвестиционных решений;

5. Кластеризация смежных отраслей – создание эффективной функционирующей системы управления на основе формирования бизнес-связок, а также с участием научных и общественных организаций;

6. Корпоративная экологическая ответственность – рациональное и комплексное использование доступного объема первичного сырья на основе циркулярных бизнес-моделей, способствующее снижению экологической нагрузки на окружающую среду [156, 163].

С учетом принципов, а также мирового опыта развития ЛПК формируются основные элементы концептуального подхода:

- корректируются основные нормативно-правовые акты, регулирующие вопрос рационального и эффективного потребления ресурсов;

- определяется перечень направлений эффективного использования древесных и прочих отходов;

- разрабатывается модель взаимодействия ЛПК и смежных отраслей экономики с целью организации процесса эффективного рационального потребления ресурсов;

- формируются механизм развития ЛПК и инструменты, регулирующие процесс перехода ЛПК на модель эффективного и рационального потребления ресурсов;

– определяются показатели оценки результативности функционирования ЛПК на основе принципов циркулярной экономики.

К основным документам, регулирующим вопрос пользования древесными ресурсами, относятся: Стратегия экологической безопасности РФ период до 2025 г. [18]; Лесной кодекс РФ [4]; Экологическая доктрина РФ [14]; Стратегия развития лесного комплекса РФ на период до 2030 года [15]; Прогноз научно-технического развития РФ на период до 2030 г. [16]; Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 г. [17]; Государственная программа РФ «Развитие лесного хозяйства» [8]; Постановление Правительства РФ «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов» [11]; «Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в РФ на период до 2030 года» [10]. Так как процесс пользования лесными ресурсами регулируется и на региональном уровне, существует практика разработки территориальных законов и программ, например: Указ Губернатора Красноярского края «Об утверждении Лесного плана Красноярского края» [21]; Указ Губернатора Красноярского края «Об утверждении инвестиционной стратегии Красноярского края до 2030 г.» [22]; Постановление Правительства Красноярского края «Об утверждении государственной программы Красноярского края «Развитие лесного хозяйства» [24]; Постановление Правительства Красноярского края «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Красноярского края до 2030 г.» [23].

В существующих нормативно-правовых актах, регламентирующих процесс пользования ресурсами леса, прослеживается идея важности рационального и комплексного использования древесных ресурсов ввиду их исчерпаемости и большого срока возобновления. При этом отсутствует упоминание об ориентации ЛПК на принципы циркулярной экономики.

Вопрос обращения с отходами производств регулируется Федеральным законом «Об охране окружающей среды» [6]; «Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях» [3]; Федеральным законом «Об отходах

производства и потребления» [7]; Земельным кодексом Российской Федерации [5], Водным кодексом Российской Федерации [5]. В перечисленных нормативно-правовых актах отражены вопросы организационного характера, предусматривающие меры финансового воздействия за неисполнения надлежащих обязательств. Данные меры являются основой для формирования инструментов управления процессом развития лесопромышленного комплекса на основе принципов циркулярной экономики.

В целях регулирования деятельности ЛПК необходимым является разработка и внедрение федеральных законов и отраслевых программ развития лесопромышленного комплекса, сформированных с учетом принципов циркулярной экономики с указанием поэтапных мероприятий по переходу к данной концепции [118]. Современный уровень развития технологий позволяет использовать древесное сырье не только в производстве древесной продукции, но и в производственном процессе других отраслей народного хозяйства в качестве сырья. Вовлечение смежных отраслей в модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов предлагается также закрепить мерами организационно-стимулирующего характера.

С точки зрения концепции циркулярной экономики пользование древесными ресурсами должно быть обеспечено с применением безотходных технологий для неистощительного использования ресурсов и возврата в производственный цикл ранее неиспользуемого сырья или отходов основного производства [51]. Наибольший объем образования отходов наблюдается в лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности ЛПК. Таким образом, в большей степени стоит уделить внимание производственному циклу заготовки и переработки древесины.

Отличительными особенностями лесопромышленного комплекса как объекта для реализации принципов циркулярной экономики являются:

- экологическая и экономическая значимость ЛПК для страны и мира при возрастающих объемах потребления древесных ресурсов и длительном сроке восстановления лесов;

- возможность организации переработки до 100% доступного древесного сырья и предотвращения образования отходов основных производств;
- многовариативность и возможность каскадного использования древесного сырья и отходов на основе современных технологий переработки твердых бытовых, растительных и прочих видов отходов;
- перспективы инновационно-ориентированного развития отрасли на основе идеи рециклинга и био-рефайнинга для производства современных конструкционных материалов;
- возможность создания эко-технопарков на основе производственных взаимосвязей ЛПК и смежных отраслей экономики России в области переработки древесных и прочих видов отходов [123, 164].

В настоящее время на предприятиях ЛПК используются технологии по переработке древесных отходов в пеллеты, топливные гранулы и брикеты, а также в топливо для собственных нужд предприятий. Данные направления переработки отходов не позволяют создать каскадное потребление ресурсов, так как после использования продукции возврат в производственный цикл не возможен. В лесопромышленном комплексе примером рационального и комплексного подхода к использованию древесных ресурсов является производство из древесных отходов прессованной продукции – древесноволокнистых плит, древесностружечных плит, плит МДФ [44, 120]. Отходы от производства и сама продукция (в случае брака или истечения срока полезного использования) могут быть возвращены в повторный производственный цикл. Современный уровень развития технологий позволяет использовать древесное сырье не только для производства древесной продукции, но и для других отраслей народного хозяйства [108, 121, 125]. Привлечение сторонних отраслей для реализации концепции циркулярной экономики в лесопромышленном комплексе необходимо стимулировать мерами организационно-управленческого характера, например, заключение партнерских соглашений, которые будут являться основанием для получения поддержки от государства.

Система показателей оценки эффективности функционирования ЛПК по принципам циркулярной экономики должна включать экологический и экономический аспекты [124]. Экологические показатели должны характеризовать: вовлеченность первичного сырья и отходов в производство; уровень переработки всего объема имеющихся древесных отходов; экологический ущерб, наносимый окружающей среде и т.д. Экономическая составляющая системы показателей должна отражать: прирост объемов производства за счет выпуска продукции из древесных отходов; добавленную стоимость; экономию затрат на первичное сырье за счет возврата древесных отходов в производство и т.д. В общем итоге система показателей должна позволить вывести показатель эффективности функционирования лесопромышленного комплекса.

Лесной сектор – один из секторов мировой экономики, полностью вписывающийся в концепцию циркулярной экономики. Конкурентные преимущества российского лесопромышленного комплекса позволяют создать ряд инновационных продуктов, созданных на базе сочетания инноваций, а также осуществить поэтапную эколого-экономическую реконструкцию предприятий на основе технологий био-рефайнинга. Так, отходы лесозаготовок можно перерабатывать в древесноволокнистые плиты; отходы деревообработки – направить в производство прессованной продукции для строительных нужд; отходы низкого качества и низкосортная древесина подходят для производства топливных гранул и пеллет и различных инновационных продуктов.

Проблема рационального и комплексного использования древесного сырья актуальна в настоящее время и взаимосвязана с социальными, экономическими и техническими проблемами развития общества. В связи развитием экономики и промышленности, строительства и различных производств возрастает спрос на продукты переработки.

Увеличение объемов заготовки древесины влечет за собой увеличение объемов древесных отходов, для переработки которых нет необходимых производств. При повышенных объемах заготовки сокращаются объемы доступных лесов. В труднодоступных лесах увеличивается объем перестойных

насаждений, оставшиеся отходы лесозаготовок на лесосеках являются благоприятной средой для движения лесных пожаров [67]. Все это в совокупности оказывает негативное влияние на экологическую ситуацию. Также присутствует проблема разобщенности предприятий ЛПК. Удаленность заготовительных и перерабатывающих предприятий приводит к значительным транспортным расходам, что приводит к образованию свалок древесных отходов на лесосеках. Большинство предприятий ЛПК не обладают производственными мощностями, необходимыми для переработки древесных отходов, в виду узкой специализации деятельности (заготовка и реализация круглого леса) [45]. Все вышесказанное приводит к низкому уровню использования древесины. При этом возникают глобальные проблемы в развитии лесного сектора, так как предприятия не заинтересованы в утилизации и переработке отходов и в лесовосстановлении по причине отсутствия стимулов. Таким образом, переход лесопромышленного комплекса на модель циркулярной экономики позволит получить ряд положительных эффектов (рисунок 4).

С производственной точки зрения ориентация ЛПК на принципы циркулярной экономики будет являться стимулом для создания и внедрения инновационных технологий по переработке древесных ресурсов, что позволит повысить уровень использования ресурсного, производственного и трудового потенциала комплекса, а в перспективе – приведет к созданию новых отраслей промышленности.

Экономические выгоды выражаются в сокращении потребления сырья и энергии и как результат – в снижении уровня колебания цен на ресурсы. Ориентация на принципы циркулярной экономики благоприятно влияет на имидж предприятий и комплекса в целом, что повышает уровень заинтересованности инвесторов в развитии отрасли.

Внедрение практики вторичного использования, восстановления и других элементов циркулярной экономики создает дополнительные конкурентные преимущества предприятий, а также приводит к возникновению новых источников получения прибыли, повышает лояльность потребителей и

инвесторов и усиливает взаимосвязи с контрагентами по всей цепочке создания стоимости. Каждая последующая переработка древесных отходов в рамках одной отрасли позволяет производить продукцию с высокой добавленной стоимостью, что позволяет получать дополнительную выгоду и повышать эффективность экономики страны.



Рисунок 4 – Эффекты реализации концепции циркулярной экономики в лесопромышленном комплексе

Источник: составлено автором [156]

Экологические эффекты от перехода ЛПК к циркулярной экономике имеют масштабное значение, благодаря снижению выбросов, сокращению площадей свалок и полигонов захоронения отходов, а также снижению потребления первичных древесных ресурсов. В последние годы наблюдается тенденция

сокращения запаса лесных насаждений, уровень древесных отходов составляет порядка 50% от заготавливаемого объема древесного сырья. Следование принципам циркулярной экономики в контексте дальнейшего развития лесопромышленного комплекса позволит сократить объемы лесозаготовок и снизить уровень древесных отходов.

Благодаря реализации принципов циркулярной экономики в ЛПК формируются новые сектора промышленности связанные с утилизацией продукции, что приводит к росту числа рабочих мест. Повышение экологической ответственности населения и бизнеса является важным моментом на пути перехода всех отраслей промышленности на модель рационального потребления древесных ресурсов.

1.3 Методические подходы к оценке эффективности, рациональности и комплексности использования древесных ресурсов

На основе предлагаемого концептуального подхода к развитию лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики целесообразно разработать систему показателей, позволяющих оценить эффективность использования древесных отходов в повторном производственном цикле.

Главной идеей концепции циркулярной экономики является внедрение производственных бизнес-моделей, позволяющих рационально и неистощительно использовать имеющиеся сырьевые ресурсы при производстве продукции при этом снижая негативное воздействие на окружающую среду путем вовлечения в повторный производственный цикл отходов. Поэтому система показателей для оценки эффективности модели циркулярной экономики должна отражать не только экономический эффект от внедрения перспективных направлений переработки древесных отходов, но и оценку влияния предлагаемых направлений переработки отходов на окружающую среду.

Для количественного анализа циркулярной экономики необходимо общее понимание того, что следует анализировать, как интерпретировать результаты и что следует учитывать при составлении показателей эффективности экономики замкнутого цикла.

Некоторые виды экономической деятельности, такие как вторичное использование отходов, считаются неотъемлемыми аспектами замкнутого цикла. Для оценки экологического состояния территории, эффективности природоохранных затрат, величины экологического ущерба и потерь используется целый ряд общих и специальных показателей, в частности, показатель стоимости экологического ущерба [78, 139, 146]. Вместе с тем, необходимость разработки критериев, позволяющих определить эффективность мероприятий по рециклингу ресурсов, признана на международном уровне.

Для количественного и качественного анализа разнообразных показателей активно применяется индикация, так как данный метод позволяет понять причинно-следственную связь между изучаемыми явлениями. К основным принципам построения индикаторов относят агрегирование и создание систем показателей. Существует более 50 подходов к оценке циркулярной экономики. Общим у данных подходов является тенденция формирования групп или категорий целевых критериев.

Например, в Китае разработана трехуровневая система показателей, основанная на принципах 3-R и разработанная для содействия применению циркулярной экономики, оценки общей эффективности практики и поддержки процессов [181], а затем введен «Системный индекс региональной циркулярной экономики» («Regional Circular Economy Index System») [183]. В 2012 г. группой ученых предложена система показателей, структурированных по двум группам: макроуровень (22 показателя) и индустриальный парк (12 показателей). Даная система создана для облегчения методологических процессов внедрения циркулярной экономики и повышения внимания к экологическим проблемам [181, 184].

В «Табло эффективности ресурсов ЕС 2015» («EU Resource Efficiency Scoreboard 2015») представлена система показателей оценки циркулярности экономики. Показатели представляют собой трехуровневую систему: общий опережающий индикатор «продуктивности ресурсов»; «панель инструментов» второго уровня дополнительных макропоказателей для материалов, земли, воды и углерода; третий уровень тематических показателей для измерения прогресса в достижении ключевых тематических целей [179, 195].

Всемирный деловой совет по устойчивому развитию (World Business Council For Sustainable Development, WBSCD) выделяет три важных инструмента оценки циркулярной экономики:

- оценка жизненного цикла (LCA) – это метод оценки воздействия на окружающую среду, связанного со всеми этапами жизненного цикла продукта от добычи сырья до утилизации;
- инструментарий циркулярной экономики (CET) – это метод оценки, определяющий и оценивающий потенциальное улучшение цикличности продуктов, то есть тоже связан с анализом жизненного цикла.
- индикатор круговой экономики (CEIP) – оценивает производительность циклической продукции [70].

Для оценки уровня развития циркулярной экономики в последнее десятилетие стали использоваться специальные индексы, которые позволяют определить, насколько эффективно идет процесс формирования циркулярной экономики. К таким индексам относятся:

- «Индикатор цикличности материала» («The Material Circularity Indicator» (MCI));
- «Системный индекс региональной циркулярной экономики» («The Regional Circular Economy Index System»);
- «Индекс эффективности круговой экономики» («The Circular Economy Performance Index»);
- «Индекс циркулярной экономики для сектора потребителя» («A Circular Economy Index for the Consumer Goods Sector») [177].

По мнению Н.В. Пахомовой данные индексы характеризуются определенной неполнотой в оценке совокупности элементов и процессов, протекающих в циркулярной экономике [115]. Н.В. Пахомова, К.К. Рихтер, М.А. Ветрова предлагают рассчитывать «Индекс развития циркулярной экономики для отраслей промышленности» (Circular Economy Development Index (CEDI)). Данный индекс отражает основные элементы, которые обеспечивают замыкание цепей поставок в теоретической модели, а именно, техническое обслуживание, повторное использование, восстановление и переработку в количественных показателях объема продукции и отходов для отраслей промышленности, а также компостирование, анаэробное сбраживание, получение биохимического сырья для отраслей аграрного сектора [128].

В качестве оценочного показателя А.В. Абрамов и О.С. Кусраева предложили использовать индекс эффективности повторной переработки (индекс рециклинга), включающего: показатели экономической и экологической эффективности переработки и показатель относительного объема предполагаемого рециклинга. Чем выше расчетное значение, тем эффективнее организован процесс повторной переработки ресурсов [31, 71].

Продуктивность ресурсов является основным индикатором эффективности циркулярной экономики. Он используется в качестве измерителя эффективности использования ресурсов, то есть насколько эффективно экономика использует материальные ресурсы для производства продуктов и услуг, доступных на рынке [55]. Таким образом, в рамках диссертационного исследования целесообразно рассмотреть существующие методики оценки эффективности использования древесных ресурсов. Обзор существующих методик оценки эффективности использования древесного сырья позволит определить ключевые показатели эффективности и выявить недостающие элементы оценки эффективности производства с точки зрения концепции циркулярной экономики.

Эффективность использования древесного сырья зависит, прежде всего, от степени полезного использования всех компонентов как древесного, так и недревесного сырья, т.е. от комплексности и рациональности его потребления и

переработки в конечные продукты. Комплексное использование древесины – совокупность оптимальных форм организации производственных процессов деревообрабатывающего производства в их неразрывных взаимосвязях, при которых все компоненты будут использованы с максимально возможным экономическим эффектом [68, 87].

Стоит понимать, что комплексное использования не всегда предполагает полное использование всего объема имеющихся ресурсов. Например, сокращение объемов древесных отходов посредством сжигания обеспечивает полноту использования древесных ресурсов, но не соответствует понятию комплексности. Комплексное использование – единый производственно-экономический процесс и характеризуется наибольшим выходом продукции с единицы перерабатываемого сырья [92]. Уровень комплексности использования древесного сырья зависит от:

- качественных характеристик поступающего сырья (структура древесины, пороки и т.д.);
- взаимозаменяемости различных видов сырья при переработке (возможность использования сырья в различных технологических схемах переработки);
- неоднородности качественных и количественных свойств различных групп сырья (породный состав, бонитет, возраст т.д.).

В России комплексное использование древесного сырья является основным вектором развития ЛПК. Его темпы и пропорции определены прогнозом научно-технического развития и схемой развития лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности за счет использования вторичных ресурсов. Увеличение использования вторичных древесных ресурсов выступает важнейшим элементом политики ресурсосбережения, способствующим комплексному использованию древесного сырья и соответствует принципам циркулярной экономики [87].

Основой для оценки комплексности использования древесного сырья служит методика, предложенная Т.С. Лобовиковым и А.П. Петровым, разработанная в рамках темы «Исследование путей и форм организации

производств по комплексному использованию низкосортной древесины и отходов» (таблица 2).

Система показателей, разработанных Т.С. Лобовиковым и А.П. Петровым, позволяет провести оценку эффективности комплексного использования древесного сырья в различных направлениях: для анализа эффективности различных форм переработки древесины, выявления наиболее эффективных форм комбинирования производственных процессов, оценки качества потребляемого сырья и т.д. [96].

Таблица 2 – Показатели экономической оценки эффективности и комплексности использования древесного сырья (по Т.С. Лобовикову и А.П. Петрову) [96]

Формула	Экономическая сущность показателя
$e_1 = \frac{R_t}{V}$	Отношение товарной продукции к объему потребляемого древесного сырья (съем товарной продукции с 1м ³ сырья)
$e_2 = \frac{R_n}{V}$	Отношение чистой продукции к объему потребляемого древесного сырья (съем чистой продукции с 1м ³ сырья)
$e_3 = \frac{\Pi}{V}$	Отношение расчетной прибыли к объему потребляемого древесного сырья
$e_4 = \frac{R_t}{q_n}$	Отношение товарной продукции к стоимости потребляемого древесного сырья
$e_5 = \frac{R_n}{q_n}$	Отношение чистой продукции к стоимости потребляемого древесного сырья (съем чистой продукции с 1 рубля стоимости сырья)
$e_6 = \frac{\Pi}{q_n}$	Отношение расчетной прибыли к стоимости потребляемого древесного сырья
$e_7 = \frac{\Pi}{K}$	Отношение расчетной прибыли к стоимости производственных фондов (расчетная рентабельность)
$e_8 = \frac{R_1}{q_n}$	Отношение товарной продукции к списочному количеству работников
$e_9 = \frac{q_t}{q_w}$	Отношение приведенных затрат, исчисленных без стоимости древесины, к стоимости потребляемого сырья

Расчет данных показателей целесообразно проводить на уровне предприятий региона для проведения сравнительной оценки. Для выявления

совокупной оценки по региону воспользоваться методом расчета среднеарифметического показателя с учетом вклада предприятия в развитие отрасли.

Схожий подход к оценке комплексности использования древесного сырья представлен в работах Ледницкого А.В. и Сахова А.В. По мнению авторов, действующие подходы к оценке эффективности переработки древесного сырья носят значительно формализованный характер, отражающий эффективность только технологического процесса переработки сырья [92]. В своих исследованиях А.В. Ледницкий и А.В. Сахов опираются на результаты исследований Н.А. Лукашук и Н.Г. Синяка. Система показателей, предложенная Н.А. Лукашук, для оценки эффективности использования древесного сырья включает: показатели экономической эффективности лесопромышленного производства и показатели эффективности переработки древесного сырья. Показатели эффективности переработки древесного сырья представлены натуральными показателями (глубина переработки сырья, коэффициент комплексного использования сырья) и стоимостные показатели (коэффициенты эффективности использования древесного сырья, отражающие отношение стоимостных показателей к стоимости потребляемого сырья). В исследованиях Н.А. Лукашук рассматривается показатель, позволяющий оценить степень полученной полезности – показатель глубины переработки древесного сырья. Расчет коэффициента глубины переработки сырья проводится по формуле 1:

$$\text{КГПС} = \frac{V_{\text{пер}} + V_{\text{вт}}}{V_o} * 100, \quad (1)$$

где: $V_{\text{пер}}$ – объем древесной продукции, получаемый при первичной переработке древесного сырья, м^3

$V_{\text{вт}}$ – объем отходов древесного сырья оставшийся после первичной переработки и используемый при вторичной переработке сырья, м^3 ;

V_o – объем поступающего в переработку древесного сырья, м^3 .

Обобщающим натуральным показателем является коэффициент комплексности переработки древесного сырья (формула 2):

$$\text{ККИС} = \frac{V_{\text{пер}} + V_{\text{вт}} + V_{\text{отх}}}{V_o} * 100, \quad (2)$$

где: $V_{\text{отх}}$ – объем всех видов отходов, используемых как топливо и для реализации, м^3 .

Коэффициент комплексности использования древесного сырья в натуральном выражении рассчитывается как отношение суммы объема древесной продукции, получаемой из отходов, объема отходов древесного сырья, образующихся после первичное переработки используемый при вторичной и объема всех отходов, используемых как топливо и для реализации, к объему поступающего в переработку древесного сырья [112].

По мнению профессора А.В. Неверова, коэффициент комплексного использования сырья коррелирует с показателем глубины переработки древесного сырья, но является более широким, так как учитывает дополнительный объем использованной древесины в виде отходов, применяемых в качестве топлива [187]. В основу расчета стоимостных показателей принята методика Т.С. Лобовикова и А.П. Петрова, описанная ранее. В дополнение к данной методике предложен расчет показателя добавленной стоимости, создаваемой в результате переработки 1м^3 древесного сырья. Важность данного показателя заключается в оценке социального и бюджетного эффекта, формируемого в процессе переработки древесного сырья за счет получения прибыли и начислений заработной платы сотрудникам, задействованным в производственном процессе.

В международной практике для оценки эффективности использования древесных ресурсов наиболее часто используют набор показателей, представленных в дорожной карте «к ресурсосберегающей Европе» [207].

Для измерения применяют три уровня индикаторов:

- эффективность использования ресурсов, которая рассчитывается через соотношение конечной стоимости продукта к объему потребленного сырья для его производства;
- оценка запаса ресурсов и их необходимое количество для выпуска продукции;
- тематические индикаторы, отображающие степень достижения обозначенных целей ресурсоэффективности.

На наш взгляд, вышеперечисленные методики не в полной мере позволяют оценить эффективность процесса переработки древесных ресурсов, построенному по принципам циркулярной экономики. Основным недостатком представленных методик является отсутствие показателей, позволяющих оценить экологическое влияние процесса переработки древесного сырья и отходов на общее состояние комплекса, а также оценить эффективность многократного каскадного вовлечения древесных отходов в производственных процесс с использованием технологий смежных отраслей народного хозяйства России.

Выводы по главе 1

1. В диссертационном исследовании представлены теоретические основы циркулярной экономики. Циркулярная экономика подразумевает переработку отходов во вторичное сырье и использование его на разных этапах производственного процесса. Технологический прогресс делает возможным применение этих принципов на практике, однако важнейшим условием перехода к циркулярной экономике является реорганизация бизнес-процессов, связанных с управлением материальными ресурсами, и применение соответствующих бизнес-моделей. Трансформация линейной модели потребления в циркулярную в России должна осуществляться поэтапно с разработкой пакета мер на кратко-, средне- и долгосрочные периоды.

2. Предложен концептуальный подход к формированию и развитию лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики.

сущность которого заключается в организации замкнутого цикла использования древесного сырья с производством высокоэффективной продукции на основе концепции циркулярной экономики и создания механизма развития ЛПК с использованием модели эффективного и рационального потребления древесных ресурсов на уровне региона, в формировании инновационной продукции в сопутствующих и смежных отраслях.

3. Дополнены и раскрыты принципы циркулярной экономики лесопромышленного комплекса включающие: ресурсную эффективность и безотходность производств, формирование замкнутых цепей поставок, нулевые отходы производств, ответственное инвестирование, кластеризацию смежных отраслей и корпоративную экологическую ответственность. Формулирование принципов циркулярной экономики способствует реализации идеи эффективного и рационального использования ресурсного потенциала ЛПК.

4. Выявлены отличительные особенности реализации концепции циркулярной экономики в деятельности лесопромышленного комплекса. Наиболее значимыми отличительными особенностями ЛПК как объекта для реализации принципов циркулярной экономики являются: возможность переработки до 100% древесного сырья; многовариативность направлений каскадного использования древесного сырья и отходов и наличие перспектив инновационно-ориентированного развития отрасли на основе идеи рециклинга и био-рефайнинга и создания межотраслевых эко-технопарков.

5. Проанализированы существующие подходы к оценке эффективности использования ресурсов. Основным недостатком существующих методик оценки эффективности является отсутствие показателей, позволяющих оценить экологическое влияние процесса переработки древесного сырья и отходов на общее состояние комплекса, а также оценить эффективность многократного вовлечения древесных отходов в производственных процесс.

ГЛАВА 2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛИ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

2.1 Лесная отрасль Красноярского края и тенденции развития лесопромышленного комплекса региона

По данным Стратегии развития лесного комплекса Красноярского края вклад лесного комплекса в экономику региона не превышает 3%, что не соответствует действительному стратегическому потенциалу комплекса. Данная ситуация сложилась в результате нерационального использования имеющихся лесных ресурсов, ориентации на экспорт больших объемов необработанной древесины и пренебрежением комплексного подхода к обработке древесного сырья. Леса, расположенные на территории Красноярского края, характеризуются большой протяженностью и разнообразием лесных пород, в преобладающем большинстве хвойных (75,9% от покрытой лесом площади). Общая площадь лесного фонда края составляет порядка 160 млн. га. Главные лесобразующие породы: сосна, лиственница, кедр, береза. Общий запас древесины на территории Красноярского края по данным государственного лесного реестра составляет более 11 млрд. м³, из них хвойных – 9,5 млрд. м³. Лесистость территории составляет 45,1% [15].

По целевому назначению леса делятся на защитные (34,3% – 54,4 млн. га), эксплуатационные (38,25% – 60,7 млн. га) и резервные (27,45% – 43,6 млн. га). Возрастная структура характеризуется преобладанием спелых и перестойных насаждений (61,5 млн. га – 58,6%). Самый распространенный вид использования лесов – заготовка и переработка древесины. На Красноярский край приходится до 12% заготовки древесины по Российской Федерации и 36% – по Сибирскому федеральному округу. Лесопромышленный комплекс Красноярского края является одним из ведущих в промышленности России и динамично развивается. За анализируемый период с 2015 по 2019 годы (таблица 3) наблюдается

неравномерный рост уровня освоения расчетной лесосеки с последующим резким сокращением в 2019 году данного показателя практически до уровня 2015 года.

Таблица 3 – Динамика основных показателей деятельности лесопромышленного комплекса Красноярского края [15]

Наименование показателя	2015 г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	Темп роста 2019/2015г.
Уровень освоения расчетной лесосеки, %	20,4	22,7	28,2	27,7	21,4	104,90
Среднесписочная численность работников, тыс. человек	22,3	20,3	20,9	21,4	21,5	96,41
Объем заготовки древесины, млн. м ³	16,7	18,6	23,2	28,6	30,1	180,24
Деловая древесина, млн. м ³	11,5	12,5	13,3	15,3	16,3	141,74
Пиломатериалы, тыс. м ³	2,4	2,7	3,3	4,3	4,7	195,83
ДВП, млн. м ²	-	34,6	33,4	34,8	33,7	97,4
Шпалы, тыс. штук	162,6	183,2	-	-	-	-
Мебельное производство, тыс. шт.	220,7	256,8	65,8	65,8	62,4	28,27
Пеллеты, тыс. тонн	115,9	144,4	160,6	164,8	245	211,39

Источник: Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2020 год» [15]

После отрицательной динамики наблюдается прирост численности работников отрасли. Неравномерный прирост численности работников не является положительным социальным эффектом, так как отражает низкую востребованность профессий отрасли среди молодых специалистов и выпускников вузов. Положительная динамика наблюдается по показателям заготовки древесины и производств продукции из древесного сырья, за исключением производства шпал и мебели.

ЛПК Красноярского края преимущественно ориентирован на внешние рынки. Доля лесопромышленного комплекса Красноярского края в российском

экспорте лесной продукции составляет 5%. Удельный вес продукции из древесины в объеме экспорта составляет более 12%. В большей части экспорт сконцентрирован на странах дальнего зарубежья – 70%. На страны дальнего зарубежья в общем объеме экспорта в 2019 г. приходилось 92,5% экспортных поставок из Красноярского края, а на ближнее зарубежье – 7,5%.

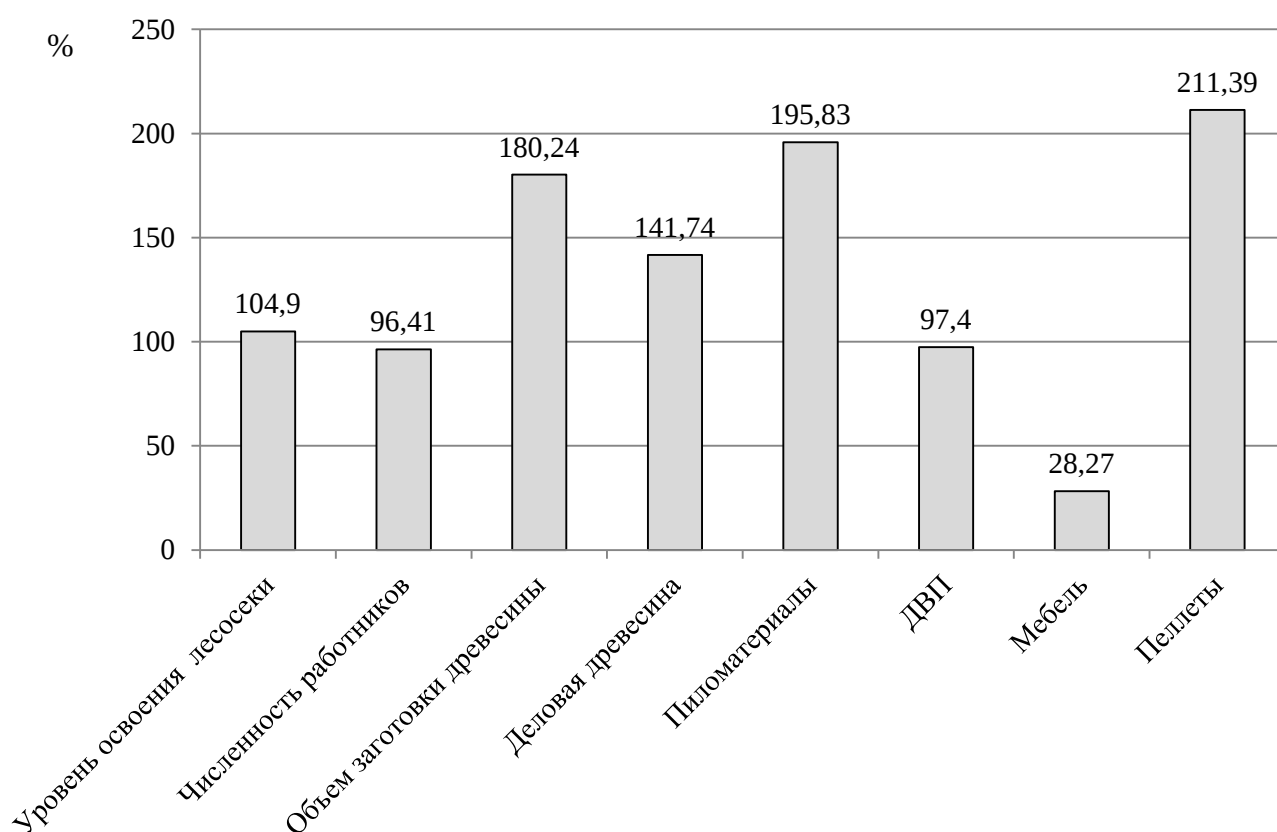


Рисунок 5 – Сравнение темпов роста основных показателей деятельности ЛПК Красноярского края, 2019/2015 годы, %

Источник: составлено автором на основе [15]

Основными видами деятельности, реализуемыми на предприятиях ЛПК, являются: лесозаготовки, лесопильное производство, деревообрабатывающие производства, биоэнергетика, деревянное домостроение, мебельное производство, производство древесных плит. На рисунке 7 представлен анализ предприятий ЛПК Красноярского края в разрезе видов деятельности. Детальный обзор

предприятий ЛПК региона приведен в Приложении А диссертационного исследования.

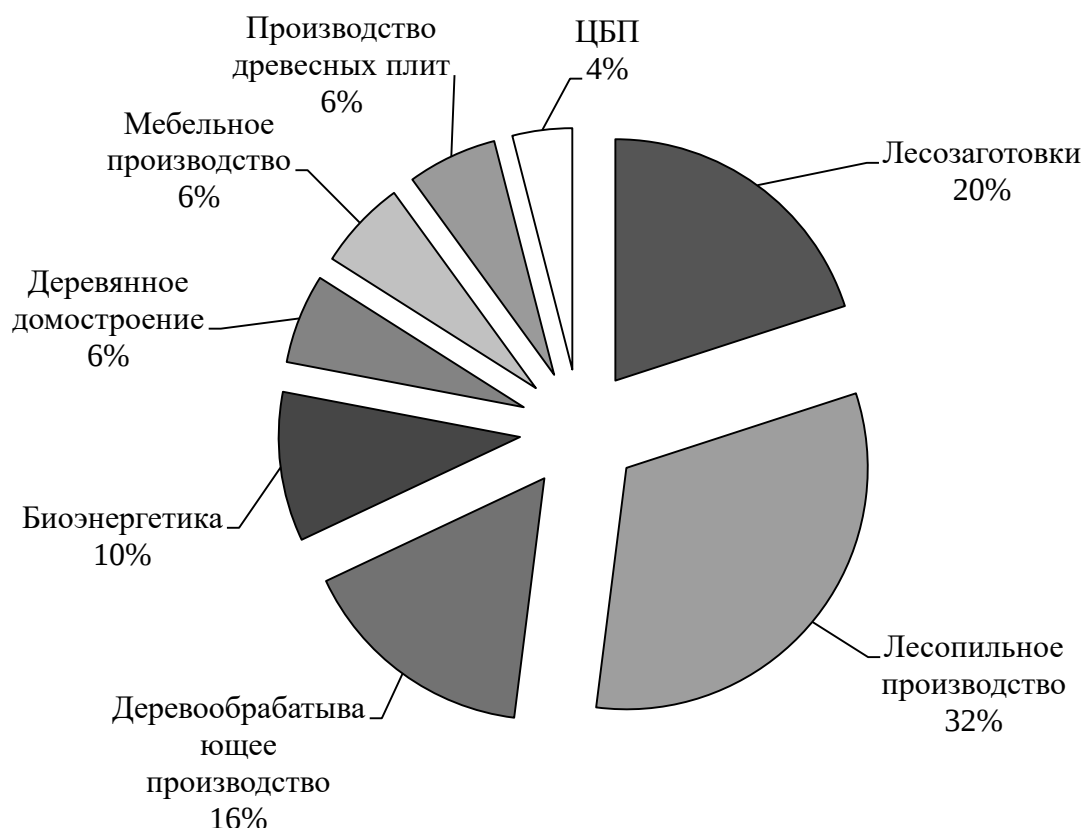


Рисунок 6 – Структура ЛПК Красноярского края в разрезе видов деятельности

Источник: составлено автором на основе [15]

Предприятия ЛПК края в большей степени ориентированы на ведение лесозаготовительной деятельности (19%), а также организацию лесопильного (33%) и деревообрабатывающего производств (16%), что в общем итоге составляет около 45% предприятий комплекса. При этом, если рассматривать в совокупности целлюлозно-бумажную промышленность, производство древесных плит и биоэнергетику (сырьем для которых служат отходы от лесопиления и переработки древесины), то на данные отрасли ЛПК ориентировано около 15% предприятий (с учетом одновременной реализации вышеуказанных производств). Из этого следует, что большое количество древесных отходов остается неиспользуемым.

В соответствии со Стратегией развития Красноярского края до 2030 года для повышения конкурентоспособности комплекса приоритетным направлением является обеспечение максимально эффективного использования имеющихся лесных ресурсов, которое планируется достичь путем увеличения глубины переработки древесного сырья и вовлечения в оборот древесины низкого качества, мелкотоварной древесины и отходов лесозаготовок и деревообработки.

Согласно «Стратегии развития Красноярского края до 2030 года» для сохранения конкурентоспособности лесопромышленного комплекса региона ключевой задачей в развитии ЛПК края должно стать максимально эффективное использование лесосырьевой базы. К 2030 году доходы, получаемые с кубометра заготавливаемого леса, необходимо увеличить в 2,5-3 раза, что позволит краю достичь доходности лесопереработки в ведущих странах – производителей лесопромышленной продукции США, Канады, Швеции, Финляндии. Повышение эффективности производства необходимо обеспечить за счет увеличения глубины переработки древесины и внедрения механизмов комплексной переработки с вовлечением в производство мелкотоварной и низкокачественной древесины и отходов деревообработки [15, 154].

В целях развития отрасли планируется расширение ассортимента производимой продукции путем модернизации существующих производств, внедрения инвестиционных проектов и формирования инновационного лесного кластера, который будет включать организацию глубокой механической переработки древесины, производство продукции целлюлозно-бумажной промышленности, создание инновационной продукции из древесного сырья. Основным источником для внедрения инновационных производств являются древесные отходы.

Древесные отходы – остатки лесоматериалов, древесного сырья и материалов, образующиеся в процессе производства основной продукции лесозаготовок, лесопиления, деревообработки, рубок ухода за лесом, не соответствующие стандартам на продукцию по качеству и (или) имеющие длину и (или) ширину менее минимального стандартного [28]. В связи с ростом объема

лесозаготовок происходит и увеличение объема древесных отходов. Древесные отходы скапливаются на лесосеках, промышленных территориях предприятий, в то время, как их можно было направить на повторную переработку для получения дополнительной прибыли. К основным причинам возрастания объемов древесных отходов на предприятиях ЛПК края можно отнести:

- территориальную разобщенность мелких лесопильно-деревообрабатывающих предприятий;
- сложность сбора отходов и организации мест их промежуточного хранения;
- отсутствие необходимого промышленного оборудования для переработки древесных отходов;
- несовершенство нормативно-правовой базы в сфере переработки древесных отходов;
- отсутствие моральных и материальных стимулов;
- нежелание вкладывать инвестиции и откладывать срок получения дохода.

Большинство лесозаготовительных и деревоперерабатывающих предприятий оставляют после себя от 25-40% отходов от общего объема сырья. Утилизация древесных отходов всегда являлась большой проблемой для лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий, так как древесные отходы образуются в большом количестве практически на всех стадиях производственного процесса: лесозаготовка – лесопиление – деревообработка. Организация процесса использования древесных отходов в Красноярском крае налажена на ряде предприятий региона: на ЗАО «Новоенисейский ЛХК» налажено производство ДВП, MDF, пеллет; ООО «Сиблес Проект», АО «Краслесинвест» также производят выпуск древесных пеллет; ООО «ДОК «Енисей» занимается производством топливных брикетов; ООО «Приангарский ЛПК» выпускает древесный уголь и топливные брикеты. Таким образом, ЛПК Красноярского края ориентировано на переработку древесных отходов в топливную продукцию.

В Красноярском крае проблема утилизации древесных отходов относится к числу наиболее актуальных, так как в настоящее время при существующих методах уровень переработки древесины остается на низком уровне (таблица 4).

Таблица 4 – Динамика древесных отходов ЛПК Красноярского края [15, 18, 191]

Наименование показателя	2015г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.
Объем лесозаготовок, млн.м ³	16,7	18,6	23,2	28,6	30,1
Расчетный объем порубочных остатков, млн.м ³	5,26	5,86	7,31	9,01	9,63
Объем древесной массы для поддержания естественных процессов, млн.м ³	1,32	1,47	1,83	2,25	2,22
Возможные к использованию отходы на лесосеке, млн.м ³	3,94	4,39	5,48	6,76	7,42
Отходы деревопереработки, млн.м ³	4,87	5,42	6,76	8,33	8,43
Суммарные отходы, млн.м ³	8,81	9,81	12,24	15,09	15,84

Источник: Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае» [15, 18, 191]

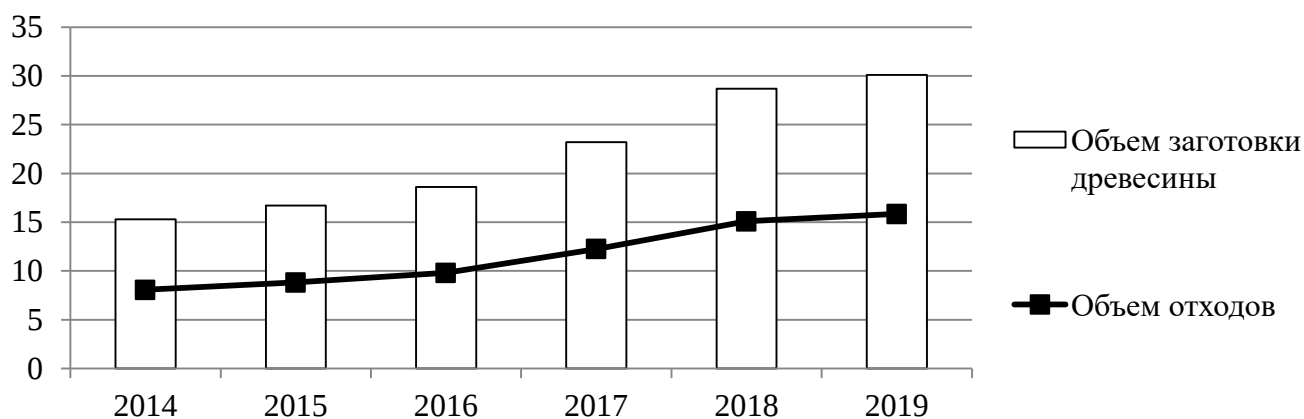


Рисунок 7 – Сравнительная динамика объемов заготовки и объемов древесных отходов, млн. м³

Источник: составлено автором на основе [15, 18, 191]

Наблюдается пропорциональное увеличение объемов древесных отходов в соответствии с приростом объемов заготовки древесины (рисунок 8). В 2019 г.

суммарные отходы ЛПК края составили 15,84 млн.м³ – это более 50% от совокупного объема заготовки древесины. При этом на отходы деревообработки приходится около 55% от общего объема отходов (рисунок 8).

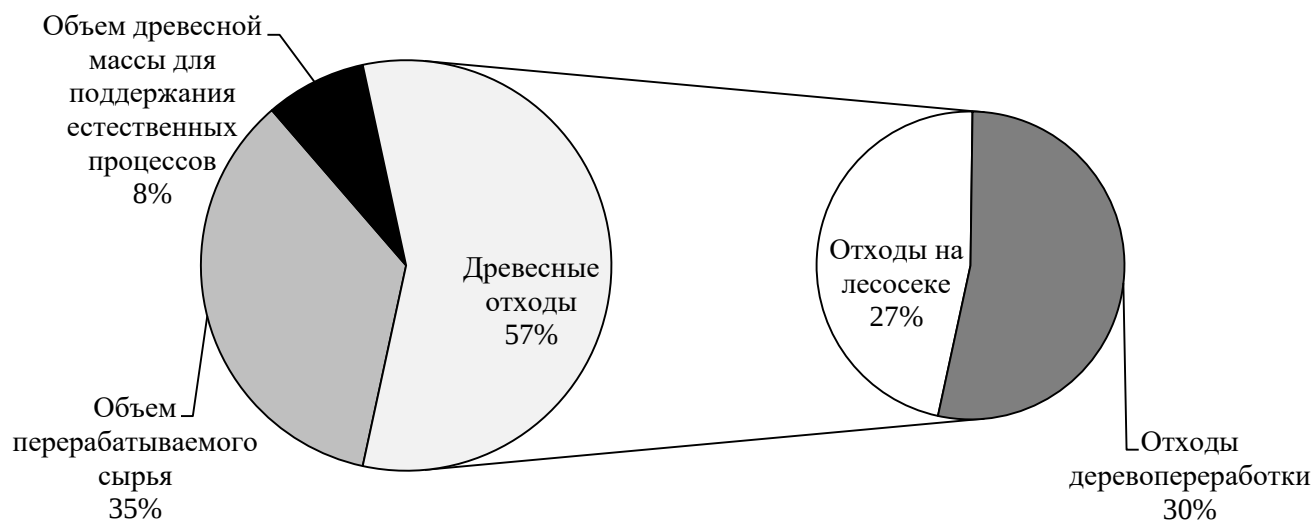


Рисунок 8 – Структура использования древесного сырья, %

Источник: составлено автором на основе [15, 18, 191]

Отходы образуются практически на всех стадиях лесозаготовительного и деревоперерабатывающего процессов. По месту образования отходы можно разделить на лесосечные и отходы переработки древесины. Лесосечные отходы образуются в процессе заготовки древесины и в большинстве случаев оставляются в лесу. К таким отходам относятся порубочные остатки (сучья, ветки, вершинки, откомлевки), опилки, пни, корни, низкокачественная, неликвидная древесина. Отходы от переработки древесины образуются на предприятиях, которые находятся в населенных пунктах или вблизи них. Тип таких отходов зависит от вида переработки древесины [190].

При лесопилении и механической обработке это кора, опилки, рейки, горбыль, трещиноватая древесина, стружка щепы, кусковые отходы. При плитном производстве в отходы уходят кора, отсев стружки, опилки, шлифовальная пыль, отходы форматной обрезки. В лесохимическом производстве отходами является лигнин. Более 80% имеющихся отходов могут быть использованы в других

производствах повторно, но в настоящий момент данный показатель держится на уровне 25-30%.

Основным направлением рециклинга древесных отходов является производство пеллет, топливных брикетов и прочей топливной продукции. Но данное направление не является комплексным решением переработки древесных отходов. Производство топливной продукции строго регламентируется отраслевыми ГОСТами и стандартами, исходя из чего не весь объем древесных отходов может быть переработан подобным способом, что приводит к поиску инновационных подходов к решению проблемы переработки отходов лесопильных и деревоперерабатывающих производств.

Мировой опыт переработки древесных отходов говорит о том, что древесные отходы могут быть сырьем не только для экологически чистого топлива, но и для полноценных видов продукции отделочного и строительного материала. К настоящему времени в деревообрабатывающей промышленности накоплен большой опыт разработки и реализации многочисленных технологических проектов по переработке древесного сырья в основном по трем направлениям: строительные материалы; сырье для производства химических продуктов и биотопливо.

Древесные отходы стали основой для производства эффективных заменителей деловой древесины, экономичных материалов и изделий. Также отходы используют в промышленности строительных материалов, (различные конструкционно-теплоизоляционные и отделочные материалы, двери, окна и др.). Большой интерес представляет разрабатываемая в последнее время новая технология преобразования кусковых отходов лесопиления в однородную древесноволокнистую фракцию, области дальнейшей переработки которой практически не ограничены [50, 100].

Лесная отрасль России подвергается динамичным изменениям. Слаженная работа государственных и региональных органов власти с инвесторами помогла добиться существенного роста качественных показателей российского ЛПК. Правительством Российской Федерации разработана программа приоритетных

проектов, в которую входят более 150 объектов с суммарным объемом инвестиций более 500 млрд. рублей. Наиболее масштабным признан проект ООО «Сибирский лес» с объемом инвестиций 101 млрд. рублей. Проект рассчитан до 2028 года. Продукцией, производимой на проектном предприятии, будет: хвойная целлюлоза – 550 тыс. тонн, лиственная целлюлоза – 200 тыс. тонн., вискозная целлюлоза – 150 тыс. тонн и талловое масло – 37,1 тыс. тонн [15, 22].

За последнее время наблюдается рост инвестиционной активности лесопромышленного комплекса Красноярского края. В настоящее время на территории Красноярского края реализуется большое количество приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов с общим объемом инвестиций более 130 млрд. руб. Общий объем осваиваемой лесосеки составляет 21,8 млн.м³. Ежегодный объем заготовки древесины составляет 12 млн.м³. Уже построены заводы по производству пиломатериалов, клееной строганой продукции и пеллет. Общий объем инвестиций, привлеченных в отрасль, составляет более 50 млрд. руб. В рамках реализации проектов создано около 3000 рабочих мест. Наиболее крупными из них можно считать ООО «Краслесинвест» (объем инвестиций – 131,6 млрд. руб. объем потребления сырья – 6,8 млн.м³) и ООО «Сибирский Лес» (объем инвестиций – 101,01 млрд. руб., объем потребляемого сырья – 6,37 млн.м³). Также общим у данных проектов можно считать достаточно широкий ассортимент производимой продукции, проработанный с учетом принципов комплексного использования древесного сырья – практически в каждом проекте предусмотрено производство продукции из древесных отходов (топливные брикеты, пеллеты, плиты) [22, 119].

На основе данных по прогнозируемым объемам производства структура производства продукции инвестиционных проектов будет выглядеть следующим образом: 47% произведенной продукции составят пиломатериалы, 23% – производство целлюлоза и 14% – производство пеллет и топливных брикетов, что свидетельствует об ориентации инвестиционных проектов на комплексную переработку древесины.

На 2019 год реализовано 5 инвестиционных проектов: ООО «Приангарский ЛПК», ЗАО «Новоенисейский ЛХК», ООО «Енисейский фанерный комбинат», ООО «УК «Мекран», ООО «Сиблес Проект». В рамках реализации этих проектов уже создано 2 крупных завода по выпуску пиломатериалов и фанеры, организовано мебельное производство, введены линии по изготовлению пеллет [15].

В соответствии с Распоряжением Правительства Красноярского края от 27.09.2017 г. №737-р была утверждена отраслевая программа «Развитие лесного комплекса Красноярского края на 2020-2022 годы» [15]. Основной задачей данной программы является формирование инвестиционной платформы в ЛПК края путем содействия в реализации приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов. Целью данной программы является создание необходимых условий для развития инвестиционной деятельности на территории Красноярского края. Приоритетное направление – увеличения объемов производства продукции глубокой переработки древесины, необходимой для удовлетворения спроса на внутреннем и внешнем рынках лесоматериалов. Достижение целевых показателей программы (таблица 5) планируется за счет эффективного функционирования и наращивания производств приоритетных инвестиционных проектов. Наблюдается достаточно равномерный приток инвестиций в ЛПК края. Наибольший объем и положительная динамика отмечается по проекту АО «Краслесинвсет» (проект запланирован до 2023 г.) – 24,1 млрд. руб.

В настоящий момент на территории Красноярского края имеется достаточное количество производственных и сырьевых ресурсов для перехода на модель рационального потребления древесного сырья – модель циркулярной экономики. Немаловажным фактором также является и ориентация органов федеральных и региональных управления на решение проблемы циркулярной переработки древесных отходов.

Таблица 5 – Целевые показатели программы «Развитие лесного комплекса Красноярского края на 2020-2022 годы» [15]

Наименование показателя	Значение показателя	
	2018 г.	2022 г.
Объем производства готовой продукции на 1 куб. м заготовленной древесины, руб./м ³	1733	2468
Индекс производства продукции по видам экономической деятельности:		
– лесоводство и лесозаготовки, %		102,0
– обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения, %		105,0
Размер обязательных налоговых платежей, планируемых к поступлению в консолидированный бюджет Красноярского края, млрд.руб.	1,5	1,8
Объем отгруженной продукции по видам экономической деятельности		
– лесоводство и лесозаготовки, млрд.руб.	18,1	25,6
– обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения, млрд.руб.	31,6	51,9
Объем инвестиций в основной капитал организаций лесного комплекса Красноярского края в период, млрд. руб.		21,7

Таким образом, концепция циркулярной экономики является подходящим инструментом для организации перехода лесопромышленного комплекса на полноценное рациональное потребление древесных ресурсов. Для разработки модели циркулярной экономики ЛПК региона необходимо определить отраслевые особенности функционирования комплекса, а также провести обзор существующих технологий использования древесных отходов по производству инновационных видов продукции.

2.2 Классификация древесных отходов и направления их повторного и каскадного использования

Формирование и развитие лесопромышленного комплекса на основе принципов циркулярной экономики подразумевает организацию рационального и комплексного использования древесинных ресурсов с целью сокращения экологического воздействия, получения дополнительного дохода и организации процесса взаимодействия смежных отраслей с последующим использованием древесных отходов.

Переработанные древесные отходы способны стать недорогим сырьем для производства множества полезных материалов. Отходами производства называются остатки сырья, материалов и полуфабрикатов, образующиеся в процессе производства основной продукции и утратившие частично или полностью потребительскую стоимость исходного сырья и материалов. К отходам производства лесопромышленного комплекса относят кусковые и мягкие отходы лесопиления и деревообработки, мебельного и фанерного производства, шпалопиления и т.д. К отходам отнесены также кора, сучья, ветви, вершины, древесная зелень, пни и корни [76, 127, 217].

С 2022 года в России планируется обновление лесного законодательства – к утверждению готовится закон об обязательной переработке древесных отходов. В законодательстве будет закреплён запрет на утилизацию древесины, оставшуюся в результате производственной деятельности, двумя способами: захоронение и сжигание. Все полученные остатки должны снова попасть в производственную цепочку с последующим результатом в виде готовой продукции, компонента для других товаров, выработанной энергии. Данный закон может служить основой внедрения концепции циркулярной экономики в деятельность предприятий ЛПК региона.

Попытка классификации отходов по отраслевому принципу была сделана в 80-е годы при разработке технических условий – ТУ 13-539-85 «Отходы

древесные. Технические условия». В настоящее время действует ГОСТ Р 56070-2014 «Отходы древесные. Технические условия» [28].

Типовая классификация древесных отходов подразделяет их на деловые и неделовые отходы. Деловые отходы – это более крупные остатки лесопиления или деревообработки, такие как горбыль и кусковые обрезки. Такие отходы деревообработки могут быть легко переработаны основными обрабатывающими компаниями и применены для изготовления изделий, требующих такого сырья.

Неделовыми считают более мелкую фракцию, остатков лесопиления. Переработка таких отходов требует создания определённых условий, технологических процессов и оборудования. Неделовые отходы считаются менее востребованными из-за более затратного производственного процесса [218].

С целью выявления направлений реализации принципов циркулярной экономики в диссертации дополнена классификация древесных отходов. Данная классификация основана на ГОСТ 33103.4-2017 «Биотопливо твердое. Технические характеристики и классы топлива. Часть 4. Классификация древесной щепы» [25], ГОСТ Р 56070-2014 «Отходы древесные. Технические условия» [28]; ГОСТ 17462-84 «Межгосударственный стандарт. Продукция лесозаготовительной промышленности. Термины и определения» [29]; ГОСТ Р 56847-2015 «Национальный стандарт Российской Федерации. Процессы производства целлюлозы. Нормативы образования отходов» [27]; ГОСТ 15815-83 «Щепа технологическая. Технические условия» [26].

При рассмотрении направлений переработки древесных отходов с учетом принципов циркулярной экономики данная классификация является недостаточной. Таким образом, автором составлена собственная классификация древесных отходов (рисунок 9), учитывающая отраслевую принадлежность возникновения древесных отходов и область дальнейшего применения. Научной новизной в предложенной классификации является выделение 4 группы источников образования древесных отходов, в которую включается продукция ЛПК с завершающимся жизненным циклом (старая мебель, деревянные дома под снос, строительные материалы и т.д.).

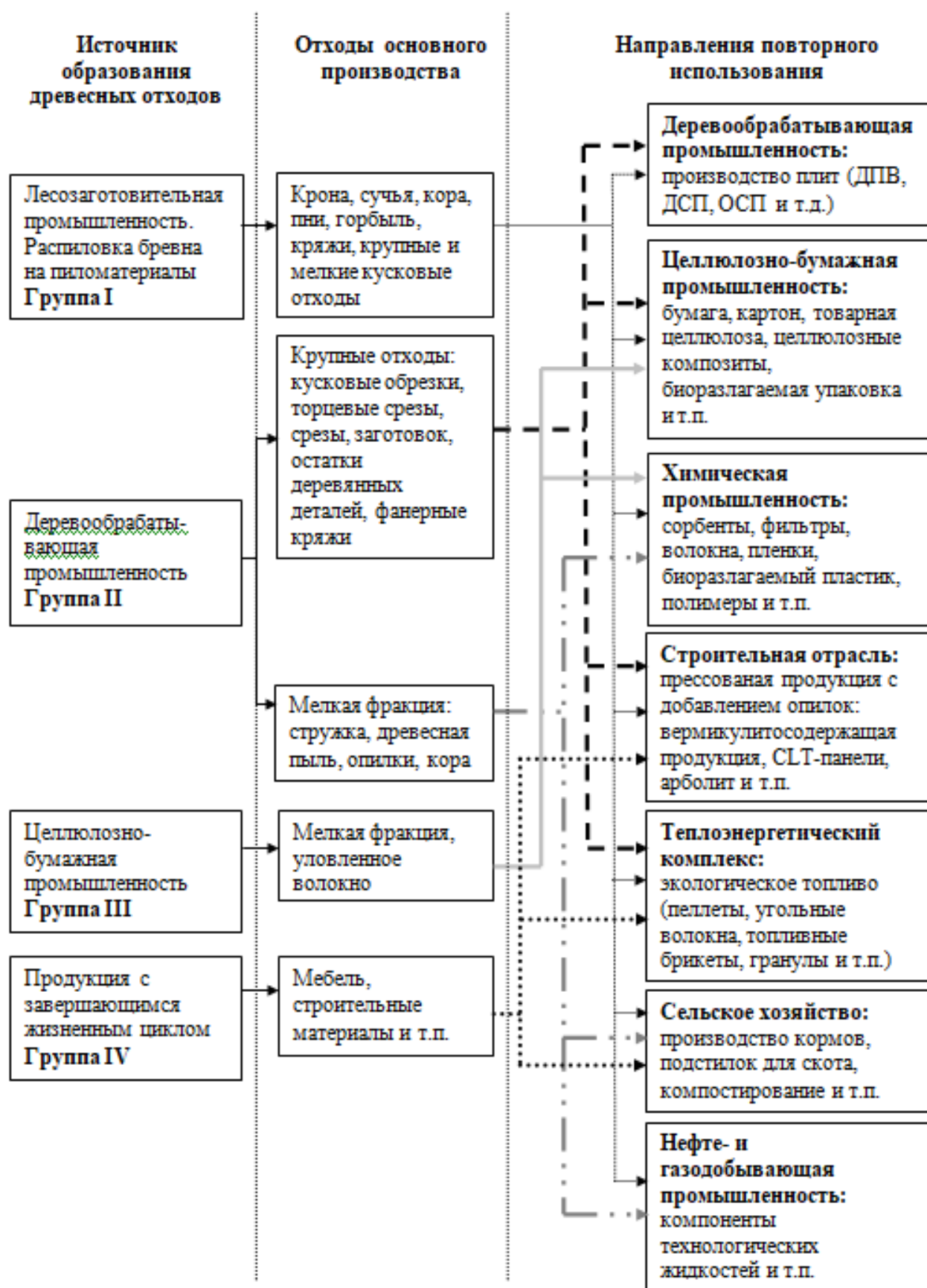


Рисунок 9 – Классификация древесных отходов и направления их использования

Источник: составлено автором [191]

Данная классификация позволяет обеспечить реализацию ряда принципов циркулярной экономики в ЛПК, предложенных в п. 1.2 диссертационного исследования, а именно: ресурсная эффективность и безотходность производств; формирование замкнутых цепей поставок; обеспечение нулевых отходов производств и корпоративная экологическая ответственность.

В производстве плит и химической промышленности в большей степени используются отходы лесозаготовок и деревообработки (как кусковые, так и мелкие отходы – опилки, обрезки, остатки плит, кора, крона и т.д.). Данные виды переработки отходов являются наиболее распространенными в сравнении с производством кормов и ЦБП. Наибольшую ценность у древесных отходов представляют крупнокусковые отходы в виде стволов малоценной древесины, реек, горбыля, обрезки пиломатериалов и заготовок, карандаши.

Менее ценными являются кусковая мелочь и мягкие древесные отходы. Современные технологии позволяют использовать в производстве биотоплива любые отходы деревообработки: опил, стружку, древесную пыль, щепу, горбыль, срезку, тонкомерную древесину. Россия занимает ведущие позиции по большинству показателей обеспеченности лесными ресурсами. Вместе с тем эффективность использования лесных ресурсов существенно ниже, чем в развитых странах (США, Канада, Швеция, Финляндия). Более того, в последние годы, наметилось отставание по объему заготовки древесины и от ряда развивающихся государств, (Китай, Индия, Бразилия, Индонезия).

Представленная классификация позволяет выделить направления использования древесных отходов и сформировать предложения по их использованию в производственном процессе с целью получения максимальной выгоды. Внутри ЛПК современный уровень развития производственных технологий позволяет использовать древесные отходы в деревообрабатывающей промышленности в производстве прессованных плит и целлюлозно-бумажной промышленности (бумага, картон, товарная целлюлоза, целлюлозные композиты, биоразлагаемая упаковка и т.п.)

Примерами смежных отраслей, технологический уровень развития которых

позволяет использовать древесные отходы в качестве сопутствующего сырья, являются строительная отрасль (арболит, вермикулитосодержащая продукция, опилкобетон, королит, CLT-панели и т.д.); сельское хозяйство (компостирование, пищевые добавки для кормов); теплоэнергетический комплекс (пеллеты, Pini Key, древесный уголь, биоуголь), химическая, нефте- и газодобывающая промышленности (сорбенты, фильтры, биоразлагаемые материалы и компоненты и т.д.).

Прошедшие в 1990-х годах в лесной отрасли процессы приватизации не привели к однозначно положительным результатам. В лесозаготовительной отрасли потеряно более 60% производственных мощностей; разрушена технологическая система связей между субъектами лесного сектора и смежных с ним отраслей, нерационально используется заготовленная древесина (более 50% составляют не востребуемые отходы, образующиеся на разных стадиях технологического процесса) [95, 132]. Мировая практика компаний, работающих в лесном бизнесе, свидетельствует, что эффективность производства обеспечивается за счет максимально глубокой переработки сырья при изготовлении всего ассортимента продукции. Исходя из специфики и состояния лесного сектора России, при научном обосновании оптимизации структуры отрасли, в России нужно следовать принципу общего взаимодействия и координации лесных предприятий.

В России проблема утилизации древесных отходов относится к числу наиболее актуальных, так как в настоящее время при существующих методах уровень переработки древесины в задействованных технологических процессах низок. Согласно публикациям лесоэкономической литературы, зарубежный рынок изделий из низкосортной древесины и отходов прогрессивно развивается, чего, к сожалению, не скажешь о России. В странах Европы в 1955 г. использованные отходы составляли лишь 5% от общего объёма распиленного сырья; в 1960 г. этот показатель удвоился, а в 1964 г. составил уже 20% [95]. К 2000 году в деревообрабатывающей промышленности за рубежом накоплен большой опыт разработки и реализации многочисленных технологических проектов по

переработке древесного сырья в основном по трем направлениям: на строительные материалы, как источник сырья для производства химических продуктов, как топливо.

Древесные отходы стали основой для производства эффективных заменителей деловой древесины, экономичных материалов и изделий. Древесные отходы используют в производстве строительных материалов. Большой интерес представляет разрабатываемая в последнее время новая технология преобразования кусковых отходов лесопиления в однородную древесноволокнистую фракцию, области дальнейшей переработки которой практически не ограничены, в различных отраслях промышленности. Вопрос переработки и использования древесных отходов не теряет своей актуальности. Проводится большое количество опытов, экспериментов и исследований по поиску направлений переработки древесных отходов.

Наиболее востребованным направлением переработки древесных отходов является производство ДВП, ДСП, вермикулитосодержащей продукции и прочих видов прессованной древесной продукции. Технологии производства и направления их усовершенствования рассмотрены в работах Зырянова М.А.[82], Рубинской А.В., Чистовой Н.Г., Чижова А.П. [126, 171] и др. Панели CLT – строительный материал из перекрестноклееной древесины. Панели имеют превосходные физико-механические свойства, обладают хорошими теплоизоляционными свойствами и могут воспринимать большие нагрузки без усадки и деформации, также обладают высокой огнестойкостью. Использование его в строительстве позволяет существенно снизить углеродный след на этапах производства панелей и реализации здания [110]. Также актуально такое направление переработки древесных отходов как производство топливных брикетов, гранул и евродров. Современные требования строительной отрасли диктуют необходимость разработки и совершенствования строительных материалов по теплофизическим показателям и эксплуатационным качествам. Отходы лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств являются наиболее оптимальным сырьем для использования в качестве наполнителя

теплоизоляционного материала, так как обладают высокими теплоизоляционными показателями, что подтверждено результатами исследований Степанова В.В., Шаяхметова Ф.Ф. [134], Сергиенко А.В., Яцун И.В. [129].

В работах Шибека Л.А. и Протас М.В. [152], Липунова И.Н., Никифорова А.Ф., Перовой И.Г., Толмачевой Н.О. [93] рассматривается направление использования древесных отходов с различными добавками в качестве сорбента для очистки сточных вод. При этом отработанный сорбционный материал можно использовать в последующем в качестве добавки при изготовлении органических удобрений, содержащих микроэлементы.

Исследования в области применения углеродсодержащих отходов в качестве альтернативного топлива в настоящее время относятся к числу приоритетных научно-технических задач. Применение термических методов утилизации таких отходов позволяет получать тепловую и электрическую энергию. Уже достаточно развиты технологии по термохимической переработке древесных отходов. Посредством внедрения данных технологий осуществляется производство горючего газа, порошкообразного древесного угля, торфа, композитных материалов, смолы, уксусной кислоты и метанола [97]. Результатам таких исследований посвящены работы Братишко Р.Ф. и Соколовской Ю.Г. [59]; Фахреева Н.Н. и Демина А.В. [143]; Тимофеева С.С., Исламова С.И., Ермолаева Д.В. [140], Лукаш А.А., Шелепень М. [74, 98], Хрусталева Б.М. [147].

Ермоленко Б.В., Хрусталева Б.М., Пехота А.Н. освещали результаты по оценке возможности комбинированного использования древесных и растительных отходов (отходов сельского хозяйства) в различных соотношениях для производства биотоплива, что несет большое экологическое значение [79, 98, 137]. В работах Михальченко Т.А., Алшынбаева С.Д. [105], Долматова С.Н. [76] рассматриваются технико-экологические особенности производства топливных брикетов, гранул, пеллет. В работах Бунецкого В.А., Бондаренко М.В. [57], Судаковой И.Г., Руденко Н.Б. [135] представлены исследования по производству пеллет с использованием стекла, пластика, прочих бытовых отходов [219].

Использование древесной муки различного гранулометрического состава нашло широкое применение в производстве фильтров и катализаторов, пигментных компонентов, промышленных взрывчатых веществ, наполнителя алкидного линолеума, твердых фенопластов светлых пород, полимерных композиционных и строительных материалов (труды Давыдовой Г.В., Костылевой С.В., Зырянова М.А., Дымченко В.Э, Швецова В.Ю., Ильязова Э.А.) [74, 81]. Таким образом, данный вид отходов применим в различных отраслях химической промышленности. Использование разных способов переработки коры сибирской лиственницы позволяет получать ценную мульчу, удобрения, создавать древесные плиты, отапливать дом, изготавливать активированный уголь и целебный хвойный бальзам [114].

Переработка отходов целлюлозно-бумажной промышленности с точки зрения экология экологии является более эффективным методом. Отходы, имеющие в своем составе каолин и целлюлозу, могут быть использованы для изготовления отделочных и теплоизоляционных материалов. Лигнин, являющийся компонентом древесины, имеет несколько сфер применения: в качестве компоста для обогащения плодородия почвы, для выращивания грибов, пригодных в пищу, а также может играть роль сорбента азотофиксирующих бактерий. Отходы целлюлозно-бумажного производства применяют и в гидролизной промышленности. С их помощью можно сделать спирт, глюкозу, кормовые дрожжи. Также современные технологии позволяют перерабатывать макулатуру, тарный картон, бумагу и т.д.

Основной идеей производства продукции из древесных отходов в концепции циркулярной экономики является то, что все остатки древесного происхождения должны быть возвращены обратно в производственную цепочку. Они могут быть переработаны в разные продукты топлива, строительные материалы или компоненты для иных изделий и т.п. Таким образом, древесные отходы являются сырьем для производств смежных отраслей промышленности. Исходя из вышеперечисленных направлений использования древесных отходов, структурными элементами, составляющими основу модели циркулярной

экономики лесопромышленного комплекса, являются: химическая промышленность, теплоэнергетическая отрасль, строительная отрасль, сельское хозяйство.

Перспективные направления использования древесного сырья и отходов должны найти отражение в программах развития смежных отраслей региона, а также в Стратегии экологической безопасности России, Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и Стратегии социально-экономического развития Красноярского края. Современные производственные технологии предоставляют широкие возможности для утилизации отходов древесины в масштабе регионов за счет организации кластерных объединений, основанных на циркулярных бизнес-моделях. В таблице 6 приведены возможные мероприятия по реализации циркулярных бизнес-моделей в деятельности лесопромышленного комплекса.

Таблица 6 – Примеры реализации циркулярных бизнес-моделей в лесопромышленном комплексе

Базовые бизнес-модели	Мероприятия по реализации концепции циркулярной экономики в лесопромышленном комплексе
1	2
Циркулярные поставки	использование древесных отходов в следующих производственных цепочках: ЛПК (пиломатериалы) – строительная отрасль (вермикулитосодержащая продукция) – сельское хозяйство (компостирование); ЛПК (заготовка древесины) – строительная отрасль (производство арболита) – теплоэнергетический комплекс (топливные брикеты) и т.д.
	кластеризация предприятий отрасли
Восстановление ресурсов	улавливание древесного волокна в производстве ДВП и его повторное использование
	возврат в производство в качестве сырья продукции с истекшим сроком полезного использования и т.д.
Платформы для обмена и	создание информационной системы мониторинга образования и хранения древесных отходов;

Окончание таблицы 6

1	2
совместного использования	формирование центра сбора и хранения древесных отходов; аренда промышленного оборудования;
	аренда промышленного оборудования, цехов и производственных помещений и т.д.
Продление жизненного цикла продукта	сбор древесных отходов, пригодных к повторной переработке, с лесосек;
	создание центров или площадок для сбора продукции из древесного сырья с моральным и физическим износом с целью последующей повторной переработки и т.д.

Рассматриваемые примеры реализации циркулярных бизнес-моделей ЛПК целесообразно реализовывать комплексно и совместно с предприятиями смежных отраслей с целью достижения максимального экономического эффекта, создания большего количества производственных циклов и повышения уровня использования древесного сырья и сокращения объема отходов.

Для организации переработки отходов древесины важен региональный подход. Технологии производства различных материалов предоставляют широкие возможности для утилизации отходов древесины именно в масштабе регионов. Несмотря на большое разнообразие технологий переработки отходов лесопромышленного комплекса, существует ряд проблем на пути организации переработки древесных отходов:

Во-первых, не все виды отходов могут служить в качестве сырья для переработки, в связи с наличием ряда технологических ограничений. Например, отходы, получаемые в ходе лесозаготовительной деятельности, которые зачастую остаются брошенными на лесосеках (ветви, пни, древесная зелень и т.д.).

Во-вторых, крупные отходы (горбыль, кора, порубочные остатки) являются источником образования несанкционированных свалок, как на территориях предприятий, так и за ее пределами, что повышает уровень пожароопасности и загрязнения окружающей среды.

В-третьих, решение проблемы образования древесных отходов с помощью сжигания остатков производств оказывает значительный вред на экологию по причине выбросов парниковых газов.

В-четвертых, транспортная удаленность предприятий лесопромышленного комплекса региона приводит к повышенным издержкам на вывоз отходов, что, уже в первом приближении, говорит о превышении цен на конечную продукцию по сравнению с альтернативными товарами на рынке.

С введением в действие нового закона об обязательной переработке древесных отходов часть проблем будет ликвидирована. С 2022 года для предприятий ЛПК станет актуальным вопрос об организации процесса переработки древесных отходов.

Данный вопрос может быть решен несколькими способами: сбыт отходов сторонним организациям лесопромышленного комплекса, специализирующимся на переработке древесных отходов, либо организация собственного производства по переработке древесных отходов. Второй вариант при грамотном подходе и рациональном планировании является более выгодным, так как имеет ряд положительных эффектов, среди которых:

1. Экономические эффекты:

- получение дополнительной прибыли от реализации продукции из древесных отходов;
- расширение ассортимента производимой продукции и освоение новых рынков сбыта;
- повышение эффективности функционирования ЛПК региона и страны

2. Производственные эффекты:

- усовершенствование технологического оснащения перерабатывающих производств и освоение инновационных технологий переработки древесных отходов;
- повышение уровня использования производственного, трудового и инновационного потенциала комплекса;

- создание кластерных бизнес-связок как внутри комплекса, так и с предприятиями смежных отраслей.

3. Экологические эффекты:

- сокращение воздействия на окружающую среду;
- повышение уровня переработки сырья;
- достижение целей устойчивого развития и ориентация на принципы зеленой и циркулярной экономики.

4. Социальные эффекты:

- формирование экологической ответственности у потребителей;
- создание дополнительных рабочих мест и повышение престижности профессий ЛПК;
- увеличение платежей в ФОМС, ФСС, ПФ России.

Таким образом, ориентация на принципы циркулярной экономики соответствует тенденциям развития лесопромышленного комплекса, о чем свидетельствуют изменение лесного законодательства и обновленные разделы Стратегии развития лесного комплекса до 2030 года и Стратегии развития Красноярского края до 2030 года. С целью выявления направлений дальнейшего развития лесопромышленного комплекса в рамках диссертационного исследования предлагается разработать модель рационального и комплексного использования древесного сырья, сформированную с учетом принципов циркулярной экономики.

2.3 Модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов лесопромышленного комплекса, сформированная на основе принципов циркулярной экономики

В лесопромышленном комплексе Красноярского края функционирует лесозаготовительные, деревообрабатывающие, целлюлозно-бумажные и лесохимические производства, каждое из которых образует определенный запас

древесных отходов. Основными направлениями использования древесных отходов являются сжигание, производство ДВП, ДСП, брикетов и пеллет. Результаты обзора современных технологий использования древесного сырья подтверждают наличие ресурсного и инновационного потенциала ЛПК для организации взаимодействия с различными отраслями народного хозяйства. Интерес представляет как переработка древесных отходов, так и растительной биомассы (хвои, листьев, трав и т.п.).

Предлагаемый подход к рациональному использованию древесного сырья заключается в создании производственной цепочки потребления ресурсов с использованием различных отраслевых технологий, когда отходы производства одной отрасли народного хозяйства являются потенциальным ресурсом для другой. Наибольший положительный эффект будет получен в случае создания максимального количества производственных циклов. Примерами смежных отраслей, технологический уровень развития которых позволяет использовать древесные отходы в качестве сопутствующего сырья, являются строительная отрасль (производство арболита, вермикулитосодержащей продукции, стеклодревесных панелей, опилкобетона, ксилиолита, тырсолита, королита и т.д.); сельское хозяйство (компостирование, пищевые добавки для кормов); теплоэнергетический комплекс (пеллеты, Pini Key, древесный уголь, биоуголь) и химическая промышленность (сорбенты, фильтры).

Таким образом, реализация концепции циркулярной экономики в лесопромышленном комплексе региона предлагается проводить на нескольких уровнях (рисунок 10).

Суть предлагаемой модели заключается в построении производственного процесса на основе последовательного комбинирования отраслевых технологий, что позволяет организовать каскадную переработку древесных ресурсов и отходов по нескольким уровням. Каскадная переработка древесного сырья – последовательная производственная цепочка потребления древесных ресурсов с использованием отраслевых технологий, когда отходы производства одной отрасли являются потенциальным ресурсом для другой. Количество уровней

предлагаемой модели зависит от текущего уровня развития производственных технологий.

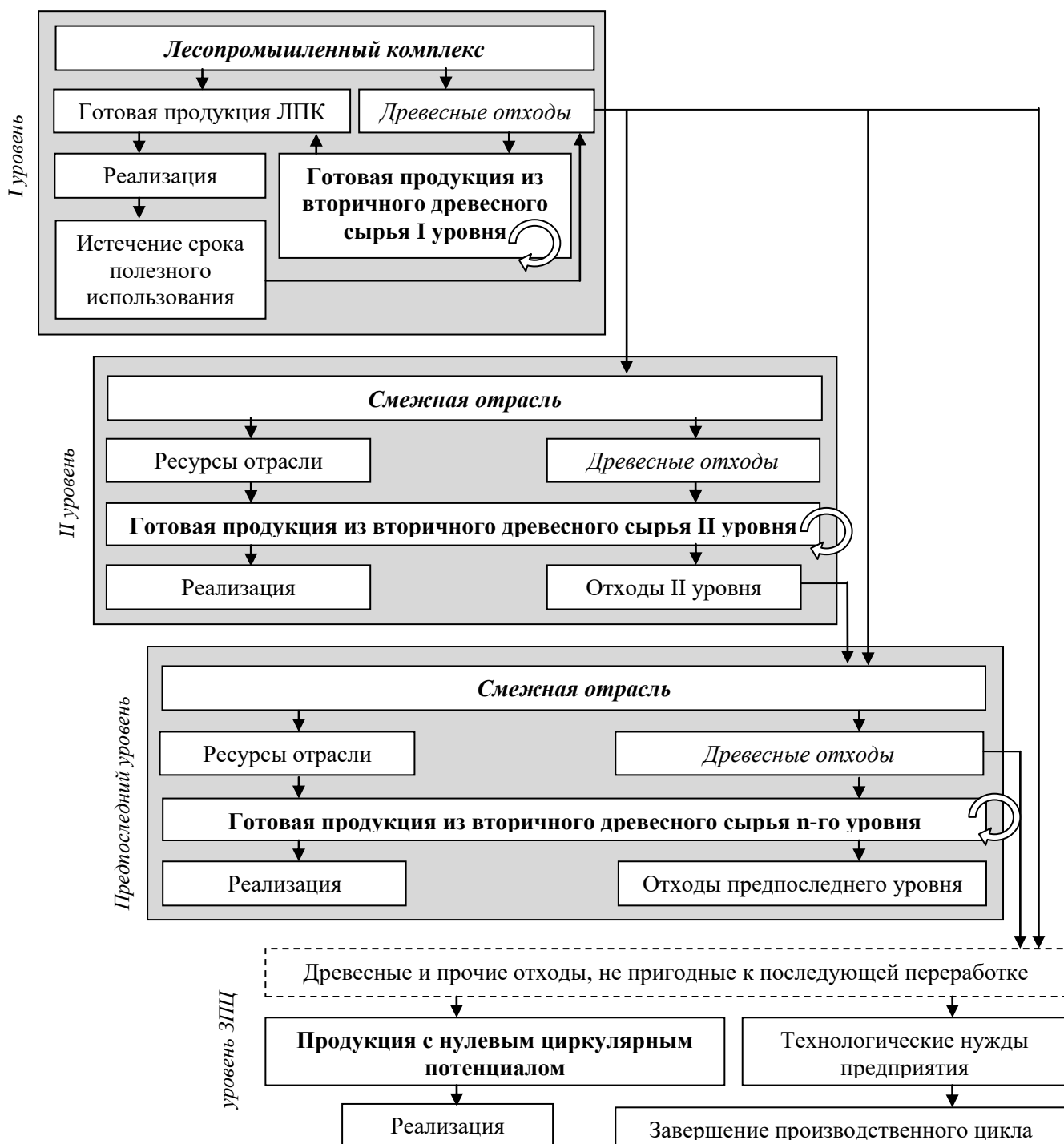


Рисунок 10 – Модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов, отражающая каскадный характер использования ресурсов

Источник: составлено автором [158, 162]

Первый уровень является базовым и представляет собой организацию эффективного использования древесного сырья внутри ЛПК региона. Примером продукции I уровня является производство ДВП, ДСП и т.п. Данный уровень является обязательным для любого лесозаготовительного или лесоперерабатывающего предприятия. На II и последующих уровнях использования древесных отходов происходит межотраслевое взаимодействие, в результате которого происходит выпуск готовой продукции с вновь сформированной добавленной стоимостью. Отходы производства могут быть повторно возвращены в производственный цикл на этом же уровне, а также могут быть использованы в качестве сырья на следующем уровне.

Примером продукции II уровня может быть вермикулитосодержащая продукция, опилкобетон, арболит и прочая продукция строительного назначения, а также сорбенты, фильтры, катализаторы и т.д. Отходы от производства продукции и сама продукция имеют потенциал к повторной переработке.

На предпоследнем уровне рекомендуется производить продукцию, имеющую низкий потенциал к повторной переработке – отходы и сама продукция является сырьем для ограниченного перечня продукции без потенциала к повторному воспроизводству. Примером производств предпоследнего уровня являются органические удобрения, корма, подстилки для животных и прочая сельскохозяйственная продукция.

Уровень завершающегося производственного цикла (ЗПЦ) не предусматривает дальнейшую повторную переработку древесных отходов, то есть у продукции нет потенциала к повторному использованию.

Продукция с нулевым циркулярным потенциалом – продукция, отходы от производства которой, или сама продукция по истечению срока полезного использования, не имеет возможности к возврату в повторный производственный цикл при действующем уровне развития производственных технологий. Такой продукцией является топливные брикеты, гранулы, Pini Key – биотопливо второго поколения.

Предлагаемая модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов ЛПК также предусматривает возможность возврата в производственный цикл древесной продукции с истекшим сроком использования, моральным и физическим износом. Количество реализуемых уровней предлагаемой модели на предприятиях лесопромышленного комплекса зависит от их масштаба, видов деятельности и имеющегося производственного потенциала.

Так, например, для предприятий, малого бизнеса или ориентированных только на заготовку древесины предлагается вменить на законодательном уровне в деятельность обязательный отчетный регламент об оборотах древесного сырья и направлениях реализации древесных отходов. Так как при разработке концептуального подхода к развитию ЛПК (п. 1.1 диссертационного исследования) предлагается на нормативно-правовом уровне закрепить важность и отразить пути перехода лесопромышленного комплекса к циркулярной экономике. За неисполнение принципов рационального потребления древесных ресурсов на нарушителей будут накладываться штрафные санкции в виде налоговых или административных взысканий. Во избежание штрафов предприятиям малого бизнеса предлагается реализовывать более крупным предприятиям древесные отходы на договорной основе в рамках программы взаимодействия.

Для предприятий среднего бизнеса можно принять к рассмотрению вариант об организации собственного производства 1 уровня. Для организации 2 уровня необходимо заключение соглашений о межотраслевом взаимодействии на предмет предоставления древесных отходов с целью выпуска продукции циркулярного производства 2 уровня. При наличии необходимого инвестиционного или производственного потенциалов данный уровень переработки древесных отходов может быть также организован на самом предприятии. Для крупных игроков рынка лесопроductии реально организовать многоуровневый процесс переработки древесных отходов как с использованием собственных производственных мощностей, так и путем организации взаимодействия с различными отраслями народного хозяйства, результатом чего

будет формирование кластерных бизнес-связок и бизнес-сообществ. Также при крупных предприятиях лесопромышленного комплекса рационально организовать пункты сбора древесной продукции с истекшим сроком полезного использования.

Исходя из теоретических положений о концепции циркулярной экономики, представленных в п. 1.1 диссертационного исследования, а также из обзора существующих направлений использования древесных отходов на основе модели циркулярной экономики ЛПК автором рассмотрены пути взаимодействия различных отраслей народного хозяйства (рисунок 11).

В механизме взаимодействия центральное место занимают действующие отрасли лесопромышленного комплекса региона – лесозаготовительная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная и лесохимическая промышленности. Переработка древесных отходов внутри ЛПК образует внутренний процесс рационального и эффективного использования древесных ресурсов (на рисунке 11 взаимодействие представлено зелеными линиями) и является первичным уровнем возврата древесных отходов в производственный цикл. Инновационным в представленном механизме является подход, основанный на привлечении в процесс использования древесных ресурсов сторонних отраслей (синие линии) с возможностью использования отходов и продукции с истекшим сроком использования в повторном производстве (желтые линии).

Предлагаемый подход образует внешний процесс эффективного и рационального использования древесных ресурсов с вовлечением в данный процесс предприятий строительной, химической промышленности и сельского хозяйства, а также позволяет повысить уровень переработки твердых бытовых отходов, что окажет положительный эффект на экологическую ситуацию. Внешний процесс эффективного и рационального использования древесных ресурсов является процессом II, III и последующих уровней модели. Замыкающим процессом в механизме взаимодействия смежных отраслей народного хозяйства на основе концепции циркулярной экономики является перенаправление отходов для производства продукции теплоэнергетической отрасли по причине невозможности возврата отходов в повторный производственный цикл.

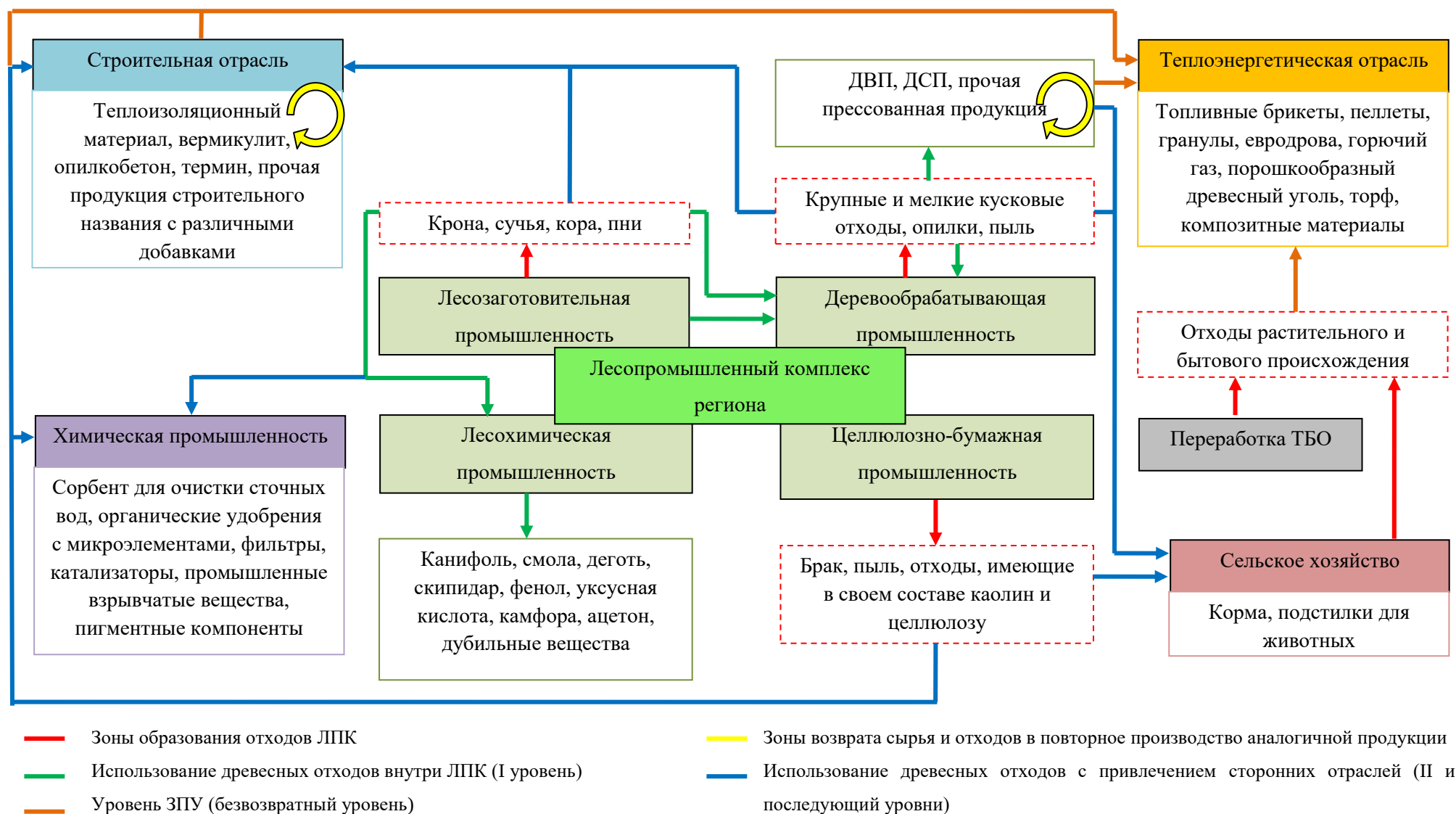


Рисунок 11 – Пути взаимодействия смежных отраслей народного хозяйства в рамках концепции циркулярной экономики

Таким образом, предлагаемый механизм взаимодействия демонстрирует возможные пути использования ресурсного потенциала лесопромышленного комплекса региона, что позволят расширить направления переработки древесных отходов и повысить уровень функционирования как лесопромышленного комплекса целом, так и сторонних отраслей.

Очевидными плюсами в переходе к модели эффективного и рационального использования древесного сырья, сформированной с учетом принципов циркулярной экономики, в контексте формирования и развития лесопромышленного комплекса являются:

- повышение уровня эффективности и комплексности использования древесных ресурсов;
- повышение эффективности функционирования каждой из вовлекаемых в процесс переработки древесных ресурсов отраслей за счет производства инновационных видов продукции;
- формирование благоприятного имиджа организации и улучшение экологической ситуации за счет сокращения объемов отходов и снижения воздействия на окружающую среду;
- получение дополнительной выручки от реализации продукции из древесных отходов.

В концепции циркулярной экономики прослеживается сильная взаимосвязь и взаимозависимость всех отраслей промышленности, звеньев производства, торгово-потребительских отношений, что обеспечивает извлечение максимальной пользы из имеющихся ресурсов.

Отходы одной отрасли становятся сырьем для другой, предприятие перестает просто утилизировать вторичное сырье, вместо чего налаживает взаимодействие со смежными отраслями с целью организации поставок сырья для производства продукции и формирования замкнутой производственной цепочки использования сырья.

Предлагаемая модель рационального и эффективного использования древесных ресурсов лесопромышленного комплекса, сформированная с учетом

принципов циркулярной экономики, реальна к внедрению при условии взаимодействия вовлекаемых смежных отраслей.

Основным ориентиром для принятия решения о стратегическом взаимодействии для предприятий является эффективность рассматриваемых предложений. Для оценки целесообразности представленных направлений взаимодействия смежных отраслей в рамках диссертационного исследования предлагается рассмотреть критерии оценки эффективности.

2.4 Методика оценки эффективности отдельных направлений переработки древесных ресурсов

В результате анализа теоретических и методологических положений по оценке эффективности использования древесного сырья автором выявлено, что в настоящий момент не существует универсальной методологии, позволяющей сравнить различные технологии и направления использования древесных ресурсов и выявить наиболее оптимальные направления его использования.

Реализация принципов циркулярной экономики в деятельности ЛПК будет являться эффективной в случае организации как можно большего количества взаимосвязанных производственных циклов по переработке, обеспечивающих максимально эффективную переработку древесных ресурсов и древесных отходов. Таким образом, основными критериями эффективности производств будут являться:

- количество взаимосвязанных производственных циклов ($K_{\text{пц}}$);
- использование доступного объема сырья ($K_{\text{ис}}$);
- количество отраслей, вовлекаемых в циркулярную экономику ЛПК ($K_{\text{от}}$).

При достижении определенного уровня критериев предлагается применять корректирующие коэффициенты (таблица 7).

Данные коэффициенты позволяют в полной мере оценить рациональность, эффективность и комплексность использования древесных ресурсов с точки зрения концепции циркулярной экономики.

Количество взаимосвязанных производственных циклов ($K_{\text{пц}}$) отражает реализацию уровней предлагаемой модели рационального и эффективного потребления древесных ресурсов ЛПК. Так, при отсутствии взаимосвязанных производственных циклов корректирующий коэффициент составляет 0 в виду несоответствия принципам циркулярной экономики – отходы одного производства не являются ресурсом для другого. При расчете показателя эффективности модели рационального и эффективного потребления древесных ресурсов ЛПК предлагается, что корректирующий коэффициент $K_{\text{пц}}$ принимает значение, равное количеству взаимосвязанных производственных циклов с использованием древесных отходов. Максимальное значение корректирующего коэффициента $K_{\text{пц}}$ ограничено уровнем производственного и инновационного потенциала отрасли.

Таблица 7 – Важность критериев эффективности процесса переработки древесных отходов

Количество взаимосвязанных производственных циклов, $K_{\text{пц}}$		Использование доступного объема сырья, $K_{\text{ис}}$		Количество отраслей, вовлекаемых в циркулярную экономику ЛПК, $K_{\text{от}}$	
Значение, шт.	Корректирующий коэффициент	Значение, %	Корректирующий коэффициент	Значение, ед.	Корректирующий коэффициент
0	0	0-20	0 – 0,2	0	0
1	1	20-40	0,2 – 0,4	2	0,25
2	2	40-60	0,4 – 0,6	3	0,5
3	3	60-80	0,6 – 0,8	4	0,75
и т.д.	...	80-100	0,8 – 1,0	5	1

Использование доступного объема сырья ($K_{\text{ис}}$) отражает степень использования первичного и вторичного сырья в производственном цикле, что

напрямую влияет на уровень достижения целей эффективного и рационального использования древесных ресурсов ЛПК. При низком значении или неиспользовании древесных отходов в производственной цепочке использование древесных ресурсов не является рациональным и эффективным. Так как максимально доступный уровень использования сырья составляет 100%, предлагается $K_{ис}$ принимать равным достигаемому уровню использования древесных ресурсов с учетом вторичной переработки. Максимальное значение коэффициента $K_{ис}$ при вовлечении всего объема древесных отходов в производственный цикл составляет 1.

Количество отраслей, вовлекаемых в модель рационального и эффективного потребления древесных ресурсов позволяет применять корректирующий коэффициент ($K_{от}$). В соответствии с рисунком 11, максимально возможное количество отраслей, имеющих потенциал к повторной переработке и использованию древесных отходов, равно 5. Исходя из этого, шаг коэффициента составляет 0,25. Максимальное значение $K_{от}$ составляет 1.

На основе анализа существующих методик оценки эффективности и комплексности использования древесного сырья, в диссертации предложены следующие показатели эффективности производства продукции из древесного сырья и отходов, построенного по принципам циркулярной экономики:

- выход готовой продукции с 1 м^3 древесных отходов;
- удельный вес продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции деревообработки;
- уровень переработки вторичного сырья;
- удельный экологический ущерб;
- удельный вес инновационных видов продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции деревообработки;
- показатель добавленной стоимости характеризует стоимость продукции, созданную на анализируемом предприятии [157].

Далее рассмотрим каждый из предложенных показателей.

1. Выход готовой продукции с 1 м^3 древесных отходов ($Y_{во}$).

Выход готовой продукции с 1 м³ древесных отходов характеризует объем производства продукции из древесных отходов, приходящийся на объем отходов, вовлеченных в повторное производство, рассчитывается по формуле 3. Показатель может быть рассчитан как комплексно, так и в разрезе каждого из рассматриваемых направлений производства продукции из древесных отходов.

$$y_{\text{во}} = \frac{\sum_i (\text{ГП}_i * p_i)}{\sum Q_i} \quad (3)$$

где: ГП_i – объем готовой продукции из древесных отходов в натуральных единицах;

p_i – цена реализации продукции, руб.;

Q_i – объем древесных отходов, вовлеченных в повторное производство, тыс. м³;

2. Удельный вес продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции ($D_{\text{по}}$).

Показатель $D_{\text{по}}$ характеризует долю продукции по предлагаемым направлениям переработки древесных отходов в совокупном объеме продукции. Рассчитывается по формуле 4:

$$D_{\text{по}} = \frac{\sum_i (\text{ГП}_i * p_i)}{B} * 100\% \quad (4)$$

где B – общий объем выпуска продукции (с учетом продукции из древесных отходов), тыс. руб.

3. Уровень переработки вторичного сырья (Y_c).

Уровень переработки вторичного сырья представляет собой отношение объема древесных отходов, возможного к переработке при внедрении

направлений производства продукции из древесных отходов, к общему объему древесных отходов (формула 5).

$$y_c = \frac{\sum Q_i}{Q} * 100\% \quad (5)$$

где Q_i – объем перерабатываемых древесных отходов при производстве продукции, м³;

Q – общий объем древесных отходов, м³.

4. Удельный экологический ущерб ($Y_{эк}$).

Показатель $Y_{эк}$ характеризует уровень экологического влияния, оказываемый единице полезной площади или территории, на которой происходило размещение древесных отходов (формула 6).

$$y_{эк} = \frac{P_{пи}}{S} \quad (6)$$

где $P_{пи}$ – платежи за загрязнение окружающей среды, руб.

S – площадь территории для размещения древесных отходов, га.

5. Удельный вес инновационных видов продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции из древесных отходов ($D_{и}$).

Показатель $D_{и}$ характеризует долю инновационных видов продукции в совокупном объеме продукции, производимой из древесных отходов:

$$D_{и} = \frac{\sum_i (ГП_{иi} * p_{иi})}{B_{до}} * 100\% \quad (7)$$

где $\Gamma\Pi_{иi}$ – объем выпуска инновационных видов продукции, в натуральных единицах измерения;

$p_{иi}$ – цена реализации инновационных видов продукции, руб./м³;

$B_{до}$ – выручка от реализации продукции из древесных отходов, тыс.руб.

6. Показатель добавленной стоимости.

Показатель добавленной стоимости характеризует стоимость продукции, созданную на анализируемом предприятии. Добавленная стоимость – это стоимость, созданная в процессе производства на данном предприятии и охватывающая его реальный вклад в создание стоимости конкретного продукта, то есть заработную плату, прибыль и амортизацию.

Удельный вес добавленной стоимости ($Y_{дс}$) характеризует долю вклада предприятия в производство инновационных видов продукции. Рассчитывается по формуле 8:

$$Y_{дс} = \frac{\sum_i (B_i - (MЗ_i - З_{сi} - Э_{уши}) - З_{при})}{\sum B_{иi}} * 100\% \quad (8)$$

где $MЗ_i$ – материальные затраты на производство продукции, тыс. руб.

$З_{сi}$ – стоимость сырья, отпускаемого в производство, тыс. руб.

$З_{при}$ – прочие затраты (арендная плата, представительские расходы, услуги сторонних организаций и т.п.), тыс. руб.

На основе представленных показателей и критериев эффективности циркулярной экономики лесопромышленного комплекса предлагается ввести обобщающий показатель эффективности функционирования ЛПК на основе концепции циркулярной экономики – эффективность вторичной переработки ресурсов ЛПК ($Э_{впр}$) (формула 9).

$$\mathcal{E}_{\text{впр}} = \frac{\sum_i (\Gamma \Pi_i * p_i)}{Z_{\text{цз}}} * K_{\text{пц}} * K_{\text{до}} * K_{\text{от}} \quad (9)$$

$$\mathcal{E}_{\text{впр}} \longrightarrow \max$$

где: $\Gamma \Pi_i$ – объем готовой продукции, произведенной из повторно используемого сырья, в натуральных единицах измерения;

p_i – цена реализации, руб.

$Z_{\text{цз}}$ – совокупные затраты на организацию переработки древесных отходов во вторичное сырье, руб.

$K_{\text{пц}}$ – корректирующий коэффициент, учитывающий количество взаимосвязанных производственных циклов;

$K_{\text{ис}}$ – корректирующий коэффициент, учитывающий уровень использования доступного объема древесного сырья;

$K_{\text{от}}$ – корректирующий коэффициент, учитывающий количество отраслей, вовлекаемых в циркулярную экономику ЛПК.

Показатель эффективности вторичной переработки ресурсов отражает отношение дохода от производства продукции из древесных отходов, полученного на всех уровнях реализации модели эффективного и рационального потребления ресурсов ЛПК, сформированной с учетом принципов циркулярной экономики, к совокупным затратам на организацию повторного производства, скорректированное с учетом соответствия анализируемых производства критериям эффективных производств, описанных ранее.

Наиболее эффективным с точки зрения эффективности и рациональности потребления древесных ресурсов предлагается считать вариант, по которому показатель RRE будет иметь максимальное значение.

Представленная методика позволяет оценить деятельность как отдельных предприятий, так и комплекса в целом. В целях детальной оценки эффективности отдельных направлений переработки древесных отходов с точки зрения

инвестиционного проекта предлагается также проводить расчет следующих общеизвестных показателей:

- объем инвестиций, необходимый для внедрения предложенного направления, (И), тыс. руб.;
- чистый дисконтированный доход, (NPV), тыс. руб.;
- прирост чистой прибыли от реализации продукции ($\Delta\text{ЧП}$), тыс. руб.
- уровень затрат на рубль продукции, (Y_3), руб./руб.;
- удельный вес транспортных расходов ($Y_{\text{тр}}$), %;
- производительность труда (ПТ), тыс.руб./чел.

Таким образом, предлагаемый в диссертации методический подход к оценке эффективности отдельных направлений использования древесных отходов на основе принципов циркулярной экономики, а также система абсолютных и относительных показателей позволяют производить оценку интересующих направлений производства продукции из древесных отходов на примере предприятий лесопромышленного комплекса с целью выявления оптимальных и перспективных направлений для формирования наиболее выгодных производственных комбинаций, что окажет положительное влияние на деятельность предприятий лесопромышленного комплекса и реализацию безотходного производства.

Выводы по главе 2

1. Лесопромышленный комплекс развивается, о чем свидетельствует возрастающая динамика показателей заготовки древесины и реализации пилопродукции и продукции из древесного сырья. Развитие производств приводит к возрастающим объемам потребляемого сырья, что в свою очередь приводит к образованию большого количества древесных отходов. В настоящий момент суммарные отходы ЛПК края составляют более 50% от совокупного объема заготовки древесины. При имеющемся потенциале в повторном производстве используется порядка 25-30% древесных отходов, что является

низким показателем в сравнении с мировым опытом и несмотря на рост инвестиционной активности в предприятия, ориентированные на глубокую переработку древесины. Низкий уровень использования древесного сырья сигнализирует о необходимости проведения реформ в области потребления древесных ресурсов. В настоящий момент на территории Красноярского края имеется достаточное количество производственных и сырьевых ресурсов для перехода на модель циркулярной экономики.

2. По результатам обзора существующих направлений переработки и использования древесных отходов выявлено, что помимо деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности древесные отходы могут найти применение в таких отраслях народного хозяйства, как химическая промышленность, теплоэнергетическая отрасль, строительная отрасль, сельское хозяйство, что подтверждает целесообразность разработку модели рационального и эффективного потребления древесных ресурсов на основе взаимодействия смежных отраслей.

3. Сущность эффективного использования древесных ресурсов с точки зрения концепции циркулярной экономики заключается в создании производственной цепочки потребления с использованием различных отраслевых технологий. Реализацию концепции циркулярной экономики в ЛПК предлагается проводить в соответствии с рассматриваемой многоуровневой каскадной моделью потребления древесных ресурсов. Отходы от производства одного уровня модели являются ресурсом для следующего уровня потребления и т.д. На предпоследнем уровне рекомендуется производить продукцию, имеющую низкий потенциал к повторной переработке; на завершающем уровне – производить продукцию теплоэнергетического комплекса. Количество уровней переработки на предприятиях лесопромышленного комплекса зависит от масштаба, видов деятельности и имеющегося производственного потенциала.

4. Примерами циркулярных бизнес-моделей повторного и каскадного использования древесного сырья являются создание производственных цепочек на основе межотраслевого взаимодействия лесной и химической

промышленности, теплоэнергетической и строительной отраслей и сельского хозяйства; возврат в повторное производство продукции из древесного сырья с моральным и физическим износом; организация пунктов сбора и хранения древесных отходов, а также пунктов приема продукции из древесного сырья с истекшим сроком полезного использования; создание информационной системы мониторинга древесных отходов; аренда производственных площадей и оборудования для организации производства и т.д. В целях формирования эффективно функционирующего лесопромышленного комплекса целесообразно использовать несколько циркулярных бизнес-моделей.

5. Отсутствие утвержденной методологии оценки эффективности циркулярной экономики подтвердило необходимость разработки методики оценки эффективности отдельных направлений переработки древесных отходов, в основу которой положены признанные методики оценки комплексности использования сырья, разработанные Т.С. Лобовиковым, А.П. Петровым, А.В. Ледницким, А.В. Саховым. Предложены основные критерии эффективности производства, которые необходимо учитывать при расчете итогового показателя эффективности переработки ресурсов ЛПК.

Для количественной оценки эффективности деятельности лесопромышленного комплекса на основе принципов циркулярной экономики предложены следующие показатели:

- выход готовой продукции с 1 м³ древесных отходов;
- удельный вес продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции деревообработки;
- уровень переработки вторичного сырья;
- удельный экологический ущерб;
- удельный вес инновационных видов продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции деревообработки;
- добавленная стоимость продукции.

На основе представленных показателей и критериев эффективности циркулярной экономики лесопромышленного комплекса предлагается вывести

обобщающий показатель эффективности функционирования ЛПК на основе концепции циркулярной экономики – эффективность вторичной переработки ресурсов лесопромышленного комплекса.

Предлагаемый методический подход позволяет производить оценку интересующих направлений производства продукции из древесных отходов на примере предприятий лесопромышленного комплекса с целью выявления оптимальных и перспективных направлений для формирования наиболее выгодных производственных комбинаций в рамках реализации концепции циркулярной экономики.

ГЛАВА 3. ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ

3.1 Механизм развития лесопромышленного комплекса региона на основе концепции циркулярной экономики

Лесопромышленный комплекс Красноярского края является сложной хозяйственной системой, основными составляющими которой являются лесозаготовительная деятельность, обработка древесины и производство изделий из дерева, целлюлозно-бумажная промышленность, между которыми существуют прямые и обратные связи.

Возрастающий объем инвестиций в лесопромышленный комплекс края свидетельствует о росте интереса к отрасли и наличии основы для дальнейшего динамичного развития [167].

На основании проведенного исследования о состоянии современного процесса использования лесных ресурсов региона, представленного во 2 главе диссертационного исследования, автором сделан вывод о несоответствии реальной ситуации в лесопромышленном комплексе Красноярского края с приоритетными направлениями развития лесной отрасли, разработанным в государственных программах. В связи с этим стоит задача совершенствования механизма использования древесных ресурсов на основе концепции циркулярной экономики.

Реализация данного процесса возможна при разработке методического подхода, регулирующего процесс перехода лесопромышленного комплекса региона на модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов. Для реализации процесса перехода лесопромышленного комплекса необходимо определить субъекты, сформировать механизм развития и определить перечень инструментов, обеспечивающих реализацию данного механизма, а

также способствующих эффективному формированию и развитию лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики.

Субъектами процесса перехода лесопромышленного комплекса на модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов будут являться надзорные органы, регулирующие процесс пользования древесными ресурсами федерального и регионального уровня, а также хозяйствующие субъекты – пользователи лесных и древесных ресурсов и отходов.

Так как модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов ЛПК, представленная в п. 2.3 диссертационного исследования, предполагает взаимодействие лесопромышленного комплекса с предприятиями различных отраслей экономики, в перечень субъектов также входят надзорные органы в области обращения отходов промышленных производств и предприятия различных отраслей промышленности.

Предлагается, что регламентация процесса перехода лесопромышленного комплекса к концепции циркулярной экономики будет возложена на Министерство лесного хозяйства, Министерство экологии и рационального природопользования, Министерство промышленности, энергетики и жилищно-коммунального хозяйства, Министерство экономики и регионального развития и Совет лесной отрасли региона.

Непосредственными участниками процесса перехода будут являться промышленные предприятия лесной и смежных отраслей экономики, а также высшие и среднеспециальные учебные заведения с целью подготовки высококвалифицированных специалистов под потребности отрасли и новых направлений промышленности.

В целях развития направлений эффективного и рационального потребления древесного сырья необходимо обеспечить взаимодействие с научно-исследовательскими институтами, лабораториями, специализацией которых является разработка инновационных технологий по переработке древесных отходов. Таким образом, субъекты модели циркулярной экономики образуют тройную спираль: государство – наука – бизнес-сегмент.

Формирование механизма развития лесопромышленного комплекса региона с использованием модели эффективного и рационального потребления древесных ресурсов включает поэтапный план мероприятий с указанием участников и мер стимулирования (рисунок 12).

Целью данного механизма является организация эффективного перехода лесопромышленного комплекса региона к концепции циркулярной экономики. Предлагаемый механизм сформирован с учетом принципов циркулярной экономики ЛПК, представленных в п. 1.2 диссертационного исследования.

Механизм перехода лесопромышленного комплекса региона к концепции циркулярной экономике включает 5 этапов:

1. Оценка ресурсного потенциала.

На первом этапе предлагаемого механизма необходимо провести оценку текущего и прогнозируемого уровня образования древесных отходов на территории Красноярского края с целью определения перспектив дальнейшего развития отрасли.

Результаты исследований позволят также определить потенциальные направления эффективного взаимодействия лесопромышленного комплекса и смежных отраслей экономики с целью оценки возможности формирования бизнес-связок и создания каскадных циклов использования древесного сырья и отходов.

2. Анализ производственного потенциала предприятий.

На следующем этапе целесообразно провести оценку производственного потенциала, как лесопромышленного комплекса, так и смежных отраслей экономики.

Анализ технологического оснащения предприятий лесопромышленного комплекса и смежных отраслей экономики, а также оценка кадрового потенциала региона, с учетом результатов первого этапа позволят определить возможности внедрения циркулярных бизнес-моделей межотраслевого каскадного взаимодействия.

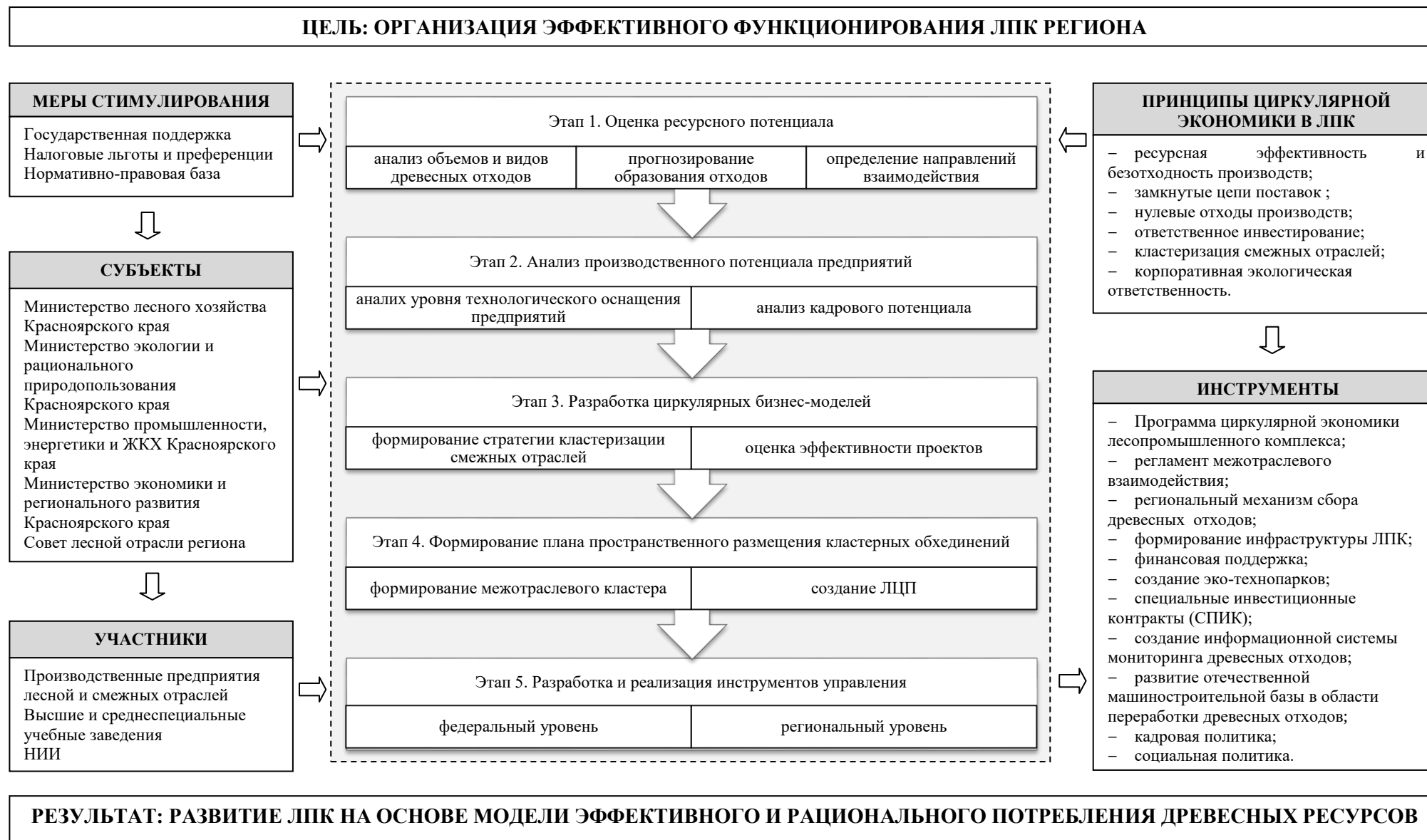


Рисунок 12 – Механизм развития лесопромышленного комплекса региона на основе концепции циркулярной экономики

Варианты циркулярных бизнес-моделей, доступных к реализации в лесопромышленном комплексе и в рамках межотраслевого взаимодействия рассмотрены в п. 2.3 диссертационного исследования.

3. Разработка циркулярных бизнес-моделей.

На третьем этапе механизма развития лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики предлагается разработать предложения по внедрению циркулярных бизнес-моделей в деятельность лесопромышленного комплекса региона.

Примеры возможных к внедрению бизнес-моделей взаимодействия ЛПК и смежных отраслей экономики рассмотрены в п. 2.3 диссертационного исследования.

Результатом данного этапа будет являться разработанная стратегия кластеризации смежных отраслей экономики и лесопромышленного комплекса с подробным технико-экономическим обоснованием [160, 161].

4. Формирование плана пространственного размещения кластерных объединений.

На основе стратегии следующим этапом предлагается провести разработку плана пространственного размещения кластерных объединений, в котором необходимо предусмотреть создание микрорегиональных центров коллективного пользования и обращения с древесными отходами.

Целью создания центров будет являться организация сбора и хранения древесных отходов. Предполагается, что центры будут расположены в минимальной территориальной удаленности от ведущих предприятий, входящих в промышленный кластер. Возможен вариант проведения бизнес-встреч, форсайт сессий и т.п.

Результаты форсайт-сессии ложатся в основу программы формирования и развития предприятий ЛПК в сфере реализации направлений эффективной и рациональной переработки древесины [165, 166, 168, 169].

В соответствии с программой развития предприятий и выявленными приоритетными технологиями использования древесного сырья происходит

модернизация действующих производств за счет обновления основных фондов, приобретения технологий, подбора или обучения персонала. Модернизация производственного процесса приводит к расширению ассортимента продукции, повышению производительности труда и привлечению дополнительной выручки от реализации продукции и прибыли от экономии сырья. Сопутствующим эффектом является снижение экологической нагрузки на отрасль.

5. Разработка и реализация инструментов управления.

На заключительном этапе предлагаемого механизма необходимо разработать и реализовать инструменты регулирования процесса рационального и эффективного использования древесных ресурсов.

Содействие государства в реализации задач циркулярной экономики может осуществляться с применением различных экономических механизмов. В Российской Федерации в современных условиях применяются следующие: инструменты административного регулирования поощрения производств продукции из вторичного сырья, экологическое налогообложение, государственные субсидии, разработка системы ответственности производителя, оказание финансовой поддержки через льготные кредиты, разработка системы государственных гарантий, формирование специализированных фондов (ликвидационные фонды на горнодобывающих предприятиях при исчерпании запасов полезных ископаемых) и т.д. [150]. Для реализации предложенных инструментов необходима разработка плана мероприятий.

В рамках предлагаемого механизма развития лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики предлагается рассмотреть следующие инструменты:

- регулирование использования древесного сырья и отходов (разработка Программы циркулярной экономики лесопромышленного комплекса, формирование Регламента межотраслевого взаимодействия, разработка регионального механизма сбора древесных отходов и т.д);

- инвестиционные и институциональные меры поддержки развития лесопромышленного комплекса (формирование инфраструктуры ЛПК, создание

эко-технопарков; создание информационной системы мониторинга древесных отходов и т.д.),

– финансовые и социальные аспекты и т.д.

Предлагаемый механизм развития лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики реализуем как в рамках отдельного предприятия, так и отрасли.

3.2 Инструменты стимулирования перехода лесопромышленного комплекса Красноярского края к концепции циркулярной экономики

В целях реализации механизма развития ЛПК на основе концепции циркулярной экономики автором разработана классификация мер (таблица 8).

Данные меры направлены на институциональные, финансовые, инвестиционные, социальные и морально-стимулирующие аспекты функционирования субъектов управления. В рамках каждой группы инструментов рассмотрены мероприятия, обеспечивающие их реализацию.

Институциональные инструменты рассмотрены в контексте регламентации использования древесных ресурсов и обращения с древесными отходами. Регламентирующие документы, которые обеспечивают реализацию концепции циркулярной экономики в деятельности ЛПК, необходимо дополнить Программой циркулярной экономики лесопромышленного комплекса региона, Регламентом межотраслевого взаимодействия и Региональным механизмом сбора продукции для вторичной переработки. Обязательным условием перехода на модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов является внесение деятельности по переработке или реализации древесных отходов в обязательный перечень видов деятельности предприятий отрасли.

Таблица 8 – Инструменты и мероприятия, направленные на стимулирование процесса перехода ЛПК к циркулярной экономике

Группа инструментов	Инструменты	Мероприятия
1	2	3
Институциональные инструменты	регламентирующие документы в сфере использования древесных ресурсов	разработка Программы циркулярной экономики лесопромышленного комплекса и дополнение Стратегии развития лесного комплекса до 2030 года, а также отраслевых и региональных программ развития
		разработка Регламента межотраслевого взаимодействия на предмет циркулярного использования древесных отходов
		разработка Регионального механизма сбора продукции для вторичной переработки
		разработка критериев оценки соответствия рассматриваемых проектов идее циркулярной экономики
		стандартизация и сертификация продукции из древесных отходов
	регламентирующие меры в области обращения с отходами промышленности	формирование мер административной поддержки предприятий, ориентированных на вторичную переработку древесины (сопровождение процесса оформления деятельности)
		разработка территориальной схемы обращения с древесными отходами
	создание условий, при которых захоронение, хранение или сжигание древесных отходов будет экономически невыгодным	введение ответственности за неисполнение задач Программы циркулярной экономики ЛПК и разработка тарифной сетки штрафов и взысканий
		мониторинг состояния производственных территорий, лесозаготовительных участков

Продолжение таблицы 8

1	2	3
	создание условий, при которых использование вторичных ресурсов экономически предпочтительнее применения первичного древесного сырья	повышение тарифов и налоговых ставок на заготовку древесного сырья
		сокращение площади лесных территорий, планируемых к освоению
		запрет на вывоз круглого леса
		внесение деятельности по переработке (для крупных предприятий) или реализации (для малых предприятий) древесных отходов в обязательный перечень видов деятельности предприятий отрасли
Финансовые инструменты	налоговая политика государства	снижение ставки налога на прибыль от реализации продукции, производимой с использованием древесных отходов
		снижение ставки налога на имущество на промышленное оборудование, используемое в процессе производства продукции из древесных отходов
		освобождение от уплаты налога на имущество в первый год функционирования производств по вторичной переработке древесных отходов (при вновь создаваемом производстве)
	меры государственной поддержки	субсидирование проектов межотраслевого рециклинга древесных отходов (субсидии отдаленным и малонаселенным регионам)
		софинансирование проектов межотраслевого рециклинга древесных отходов
		разработка федеральных и региональных программ инвестирования и поддержки малых и крупных предприятий ЛПК
		компенсация затрат, понесенных на строительство, реконструкцию объектов, а также лизинг основного технологического оборудования и частично – процентной

Продолжение таблицы 8

1	2	3
Инвестиционные инструменты		ставки по кредитам, направленным на создание инфраструктуры)
		снижение процентных ставок на кредиты под объекты и проекты отраслевой специфики для предприятий, представивших план перехода на полную модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов
		разработка льготных тарифов для перевозки древесных отходов и продукции из вторичного сырья железнодорожным транспортом
		льготное кредитование для предприятий среднего и крупного бизнеса
	инфраструктура лесопромышленного комплекса	строительство эко-технопарков в Богучанском районе, г. Лесосибирске и других лесных регионах
		создание пункта сортировки и хранения древесных отходов в г. Канске
		создание органа отраслевой координации
		создание информационной системы мониторинга объемов, сортности и видов древесных отходов
		создание эффективной системы финансирования и координации предприятий отрасли
		развитие и поддержка отечественной машиностроительной базы для совершенствования процессов использования и переработки древесных отходов
	специальные инвестиционные контракты (СПИК)	разработка Программ инвестиционной поддержки предприятий ЛПК в области вторичной переработки древесных и растительных отходов на основе концепции циркулярной экономики

Окончание таблицы 8

1	2	3
	создание условий для устойчивого научно-технологического развития отрасли	инвестиции в НИОКР по поиску и разработке инновационных материалов на основе древесных отходов (поддержка взаимодействия отраслевых предприятий и научных организаций и высших учебных заведений на предмет проведения исследований)
Социальные инструменты	кадровая политика	обучение и переподготовка кадров, организация стажировок
		разработка профессиональных и образовательных стандартов и программ в сфере обращения с отходами и вторичными ресурсами
		предоставление рабочих мест выпускникам профильных вузов
		разработка Программы поддержки молодых специалистов
	социальная политика	популяризация идеи важности и значимости экологического состояния окружающей среды
		переориентирование общества на идею циркулярной экономики ЛПК
		повышение интереса общества к продукции из вторичного древесного сырья и отходов

Финансовые инструменты направлены на совершенствование налоговой политики государства и дополнение мер государственной поддержки для предприятий, ориентированных на рециклинг древесных отходов, комплексное использование древесного сырья и производство инновационной продукции из древесных отходов.

Корректировка действующих регламентирующих документов и дополнение перечня мер финансовой поддержки отрасли позволят перейти к реализации инвестиционных инструментов. Формирование эффективно функционирующей инфраструктуры ЛПК заключается в создании эко-технопарков, центров коллективного пользования и пунктов сортировки и хранения древесных отходов, структура и процесс функционирования которых рассмотрен в диссертационном исследовании. Для функционирования центров и пунктов предлагается разработать Программу поддержки молодых специалистов, включающую целевую подготовку, гарантированное трудоустройство и обеспечение жильем.

Поддержка развития лесопромышленного комплекса со стороны органов власти будет направлена на повышение эффективности отрасли и наряду с общими мерами, стимулирующими развитие производственных отраслей, будет включать группу специальных мероприятий, обусловленных спецификой отрасли.

В настоящий момент существует ряд мер, направленных на развитие промышленных предприятий, осуществляющих свою деятельность в рамках лесопромышленного комплекса. Инструменты государственной поддержки ЛПК необходимы для решения первоочередных проблем, замедляющих развитие лесной промышленности [85, 90]. Одной из самых распространённых мер является применение льготных налоговых ставок для предприятий деревообрабатывающей промышленности, а также для кластеров на базе строительства новых ЦБК (например, для инвесторов в лесную отрасль Архангельской области налог на движимое имущество снижен до 0,1 %) [83]. Лесопромышленные предприятия также могут освобождаться от обложения НДС при ввозе технологического оборудования, аналоги которого не производятся в РФ. Перечень таких товаров определён Налоговым Кодексом РФ [5]. Ещё одним

инструментом государственной финансовой поддержки является льготное кредитование – Минпромторг России совместно с Фондом развития промышленности разработали федерально-региональную программу «Проекты лесной промышленности». В соответствии с программой производится заемное финансирование проектов, реализуемых предприятиями в отраслях лесной промышленности и направленных на модернизацию производства путем приобретения технологического оборудования по обработке древесины. Предоставляются займы от 20 до 100 млн. рублей под 1% и 3% годовых совместно федеральным и региональными институтами развития (в соотношении 70 % федеральные средства и 30 % – средства регионов) [12, 19]. Постановление Правительства РФ от 31.07.2015 г. №779 «О промышленных кластерах и специализированных организациях кластеров» определило ещё один инструмент государственной поддержки – комплексные программы развития групп предприятий на основе объединения их в кластеры [13].

Поддержка развития лесопромышленного комплекса со стороны органов власти Красноярского края будет направлена на повышение эффективности отрасли и наряду с общими мерами, стимулирующими развитие производственных отраслей, будет включать группу специальных мероприятий, обусловленных спецификой отрасли:

- систематизация и совершенствование нормативно-правовой и нормативно-технической базы как на федеральном, так и на региональном уровнях;
- стимулирование рационального пользования ресурсами и обеспечение эффективного взаимодействия с заготовителями и переработчиками древесных ресурсов;
- обеспечение доступности текущей сырьевой базы;
- развитие кадрового, технологического и научного потенциала;
- поддержка создания и развития перерабатывающих производств, в том числе ориентированных на глубокую и комплексную переработку с вовлечением

мелкотоварной и низкокачественной древесины и древесных отходов от лесозаготовительной деятельности.

Формирование и развитие лесопромышленного комплекса предлагается рассматривать с точки зрения создания эко-технопарка. Эко-технопарк – объединенный энергетическими и взаимозависимыми материально-сырьевыми потоками и связями комплекс объектов, включающий в себя здания и сооружения, технологическое и лабораторное оборудование, используемые в деятельности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов, обеспечивающий их непрерывную переработку и производство на их основе промышленной продукции, а также осуществление научной, исследовательской и (или) образовательной деятельности [206].

В структуру эко-технопарка ЛПК Красноярского края будут входить органы отраслевой координации, центр коллективного пользования и обращения с отходами, промышленные предприятия-производители продукции из вторичного древесного сырья и отходов растительного происхождения, а также научно-исследовательские организации (рисунок 13).

В задачи органов отраслевой координации будут входить:

- обеспечение реализации Программы Циркулярной экономики лесопромышленного комплекса Красноярского края;
- контроль и координация деятельности предприятий ЛПК;
- организация взаимодействия предприятий ЛПК региона и промышленных предприятий смежных отраслей экономики, ориентированных на реализацию принципов циркулярной экономики;
- соблюдение регламентов межотраслевого взаимодействия и т.п.

Органы отраслевой координации будут подчиняться непосредственно Министерству лесного хозяйства, Министерству экологии и рационального природопользования Красноярского края Министерству промышленности, энергетики и ЖКХ Красноярского края.



Рисунок 13 – Структура и процесс функционирования эко-технопарка ЛПК Красноярского края

В ведении у органов отраслевой координации будут находиться производственные предприятия лесопромышленного комплекса и смежных отраслей и Центр коллективного пользования и обращения с древесными отходами.

Центр коллективного пользования необходим для централизации древесных отходов различных производств мелких или крупных предприятий ЛПК, не имеющих производственные мощности для переработки древесных отходов, с целью формирования Единой системы мониторинга объемов, сортности и видов древесных отходов и последующей их транспортировки до производственного предприятия. Данный Центр будет состоять из нескольких участков, позволяющих отсортировать, измельчать и хранить древесные отходы. Также целесообразно в Центре коллективного пользования и обращения с древесными отходами организовать пункты для компостирования и брикетирования древесных отходов в виду отсутствия спроса со стороны промышленных предприятия или больших объемов отходов.

Создание и ведение Единой системы мониторинга позволит формировать актуальную базу объемов, сортности и видов древесных отходов с указанием местоположения, что дает возможность проводить оценку целесообразности транспортировки отходов до места переработки.

Взаимодействие предприятий лесопромышленного комплекса и смежных отраслей, в соответствии с моделью эффективного и рационального потребления древесных ресурсов, будет организовано на основе Регламента межотраслевого взаимодействия. Результатом данного взаимодействия будет производство продукции с использованием вторичного древесного сырья.

Отраслевые высшие учебные заведения и НИИ на основе взаимодействия с предприятиями лесопромышленного комплекса будут заниматься исследованиями по поиску и разработке материалов из древесных и растительных отходов по заказу предприятий отрасли.

С целью обеспечения возврата продукции от потребителя в повторный производственный цикл рекомендуется организовать Пункт для приема

продукции с истекшим сроком полезного использования, откуда в дальнейшем она будет передана в Центр коллективного пользования и обращения с древесными отходами.

С целью апробации результатов диссертационного исследования предлагается оценить эффективность модели циркулярной экономики на примере крупнейшего деревообрабатывающего предприятия Красноярского края – ООО «Деревообрабатывающая компания «Енисей».

3.3 Практика реализации принципов циркулярной экономики в ООО «ДоК «Енисей»

ООО «Деревообрабатывающая компания «Енисей» (ООО «ДоК «Енисей») одно из крупнейших предприятий Красноярского края, ориентированное на глубокую переработку древесины полного цикла производства: от заготовки древесины до производства готовой продукции и комплексного использования отходов лесопиления путем производства пеллет. Готовая продукция ООО «ДоК «Енисей» экспортируется в Японию, Германию, Данию, Сербию, Турцию, страны СНГ [220].

ООО «ДоК «Енисей» является динамично развивающимся предприятием, о чем свидетельствуют возрастающие показатели выручки и прибыли предприятия за анализируемый период.

Также положительная динамика за анализируемый период наблюдается по показателям численности персонала, стоимости основных фондов и показателей эффективности их использования (таблица 9). Продукции, производимая ООО «ДоК «Енисей», представлена следующими ассортиментными группами: погонажные изделия, пиломатериалы и топливные гранулы. В группу «погонажные изделия» включены террасная доска, доска пола, блок-хаус, облицовочная доска и имитация бруса. Группа «пиломатериалы» представлена: доска калиброванная, доска клеено-слоистая, брус клееный и брусок.

Таблица 9 – Динамика основных технико-экономических показателей деятельности ООО «ДоК «Енисей»

Наименование показателя	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	Темп роста 2020 год / 2017 год
Выручка, млн. руб.	1911,26	2269,26	1998,57	2392,19	125,16
Себестоимость продукции, млн. руб.	1668,62	1751,71	1565,34	1980,42	118,69
Валовая прибыль, млн. руб.	242,64	517,55	433,23	411,77	169,70
Чистая прибыль, млн. руб.	31,2	184,65	35,614	77,78	249,29
Рентабельность, %	1,87	10,54	2,28	3,93	210,05
Среднегодовая стоимость основных фондов, млн. руб.	532,34	543,62	580,3	592,41	111,28
Фондоотдача, руб./руб.	2,19	1,05	1,34	1,44	65,58
Фондоемкость, руб./руб.	0,46	0,95	0,75	0,70	152,50
Среднесписочная численность работников, чел.	708	711	713	718	101,41
Фондовооруженность труда, млн.руб./чел.	0,75	0,76	0,81	0,83	109,73
Производительность труда, млн.руб./чел.	2,70	3,19	2,80	3,33	123,42

Значительная доля выручки (порядка 10-16%) сформирована за счет продукции, производимой из древесных отходов основного производства. Также стоит отметить, что на ООО «ДоК «Енисей» налажено производство клееного бруса, что является примером экономически эффективного использования древесных отходов в рамках одного крупного производственного предприятия. Текущая деятельность исследуемого предприятия свидетельствует об эффективной организации производственного процесса и ориентации предприятия на рациональное использование древесного сырья, что объясняет актуальность и целесообразность выбора ООО «ДоК «Енисей» в качестве объекта апробации результатов диссертационного исследования.

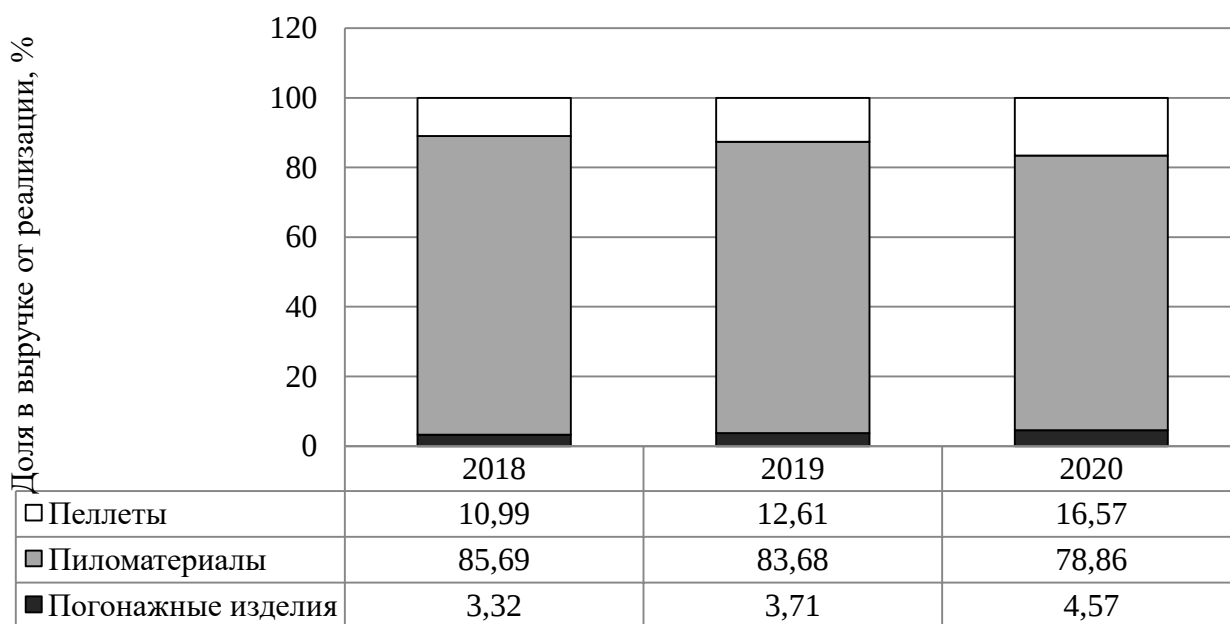


Рисунок 14 – Сравнительная структура выручки ООО «ДоК «Енисей» за 2018-2020 годы, %

Производственный процесс на ООО «ДоК «Енисей» включает лесозаготовительные работы и производство продукции деревообработки. Собственные лесозаготовительные базы позволяют заготавливать большие объемы древесины для производства и не зависеть от сторонних поставщиков. Годовой объем лесозаготовок составляет порядка 700 тыс. м³ [220].

В состав ООО «ДоК «Енисей» входят 4 деревообрабатывающих цеха. Полный цикл переработки древесины завершает цех по производству топливных гранул (пеллет). Вся щепа и опилки, производимые заводом, полностью перерабатываются в продукт [104].

В 2019 году на предприятии был успешно реализован приоритетный инвестиционный проект в области освоения лесов «Модернизация деревообрабатывающего производства ООО «ДоК «Енисей». В 2020 г. ООО «ДоК «Енисей» произвел 70 тыс. тонн пеллет, после завершения строительства нового цеха по производству топливных гранул производственная мощность предприятия возрастет до 200 тыс. тонн пеллет в год.

Баланс использования сырья представляет собой распределение объемов поступающего сырья по видам продукции и образующимся отходам производства. Баланс использования древесного сырья позволяет оценить, насколько эффективно и рационально используется сырьевой потенциал предприятия [62]. На основе данных об организации производства ООО «ДоК «Енисей» сформирован баланс использования древесного сырья предприятия (рисунок 15).

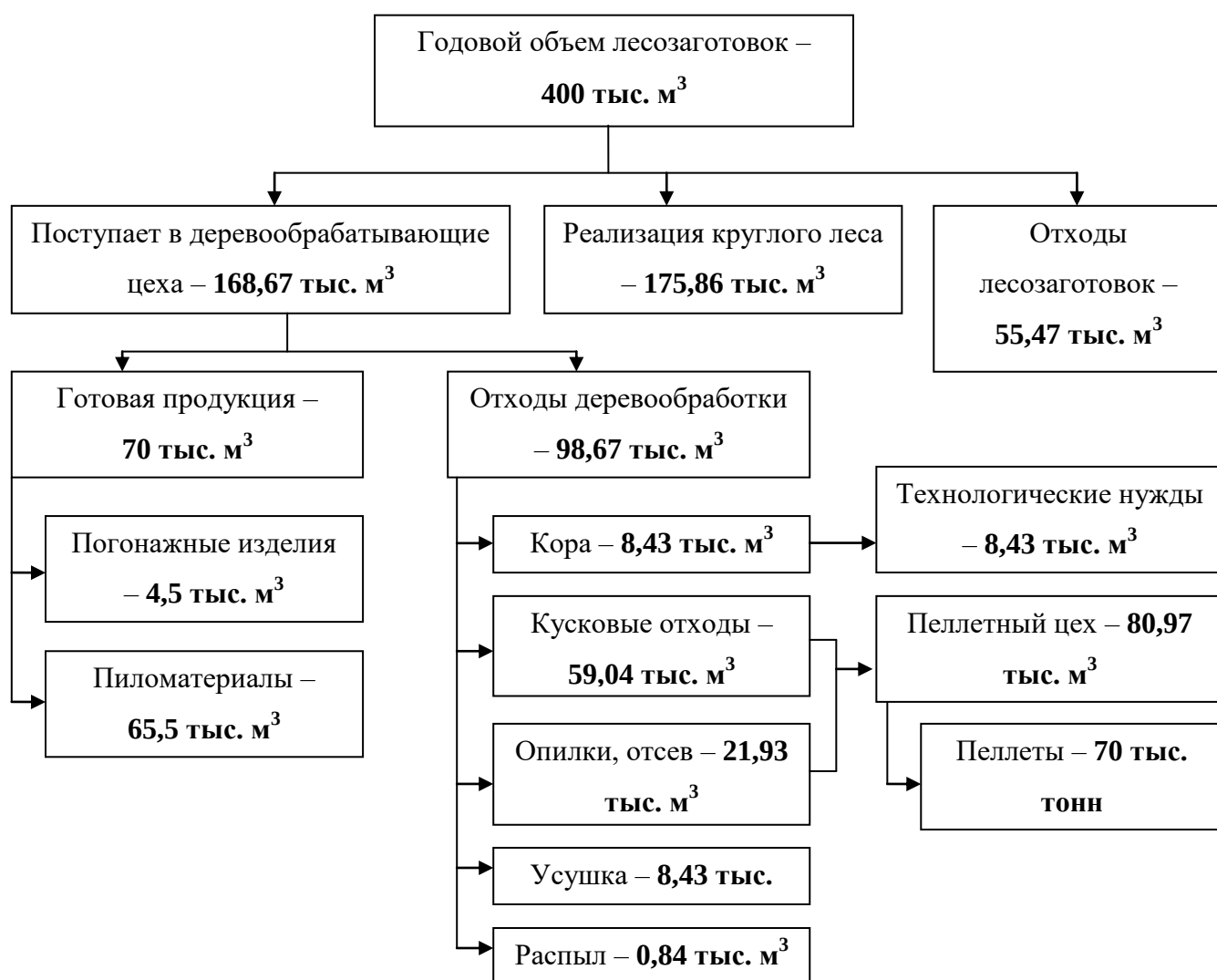


Рисунок 15 – Баланс использования древесного сырья ООО «ДоК «Енисей»

Исходя из схемы, неиспользуемыми на предприятии остаются 55,47 тыс. м³ отходов на лесосеках. В деревообрабатывающих цехах древесные отходы

используются на 90,61%, из 82% древесных отходов производятся пеллеты, обеспечивающие выручку ООО «ДоК «Енисей» в размере около 400 млн. рублей. Перерабатывать оставшиеся 10% отходов не представляется возможным в виду утраты ими материально-вещественной формы.

В целях планомерного развития предприятия с ориентацией на целевые показатели Стратегии развития лесного комплекса до 2030 года в рамках диссертационного исследования необходимо рассмотреть ряд перспективных направлений переработки древесных отходов (как в цехах, так и на лесосеках), сформированных с учетом принципов циркулярной экономики. Внедрение только одного направления переработки древесных отходов является экономически малоэффективным.

Так, в настоящий момент на ООО «ДоК «Енисей» имеются потенциально возможные к использованию следующие виды древесных отходов: ветви, сучья, пни, кора, кусковые отходы и опилки. Общим объём доступных к использованию древесных отходов составляет 144,87 тыс. м³. Из имеющегося объема древесных отходов рационально используется 80,97 тыс. м³ для производства пеллет, 8,43 тыс. м³ используются на технологические нужды, что обеспечивает экономию расходов на содержание оборудования. Таким образом, как вариант развития предприятия целесообразно рассмотреть варианты производства продукции из неиспользуемого объема отходов.

Отходы производства, образованные на лесосеках (55,47 тыс. м³), имеют следующий состав 56% – ветви и сучья, 16% – мелкие кусковые отходы, 12% – пни, 11% – хвоя, 5% – опилки. Таким образом, объемы древесных отходов с лесосек, доступные к использованию составляют 46,59 тыс. м³. Также, при организации процесса вывозки древесных отходов с лесосек, доступными к использованию становятся 6,1 тыс. м³ хвои.

На основании результатов патентного обзора и публикаций о существующих направлениях переработки древесных отходов сформируем перечень возможных вариантов использования доступных отходов производства ООО «ДоК «Енисей» (таблица 10).

Таблица 10 – Возможные направления использования отходов ООО «ДоК «Енисей»

Направления использования древесных отходов	Кора	Крупные кусковые отходы	Мелкие кусковые отходы	Опилки, отсев	Ветви и сучья	Пни	Хвоя
1	2	3	4	5	6	7	8
Деревообрабатывающая промышленность							
ДВП	+		+	+	+	+	
Мебель		+					
Тарная досочка		+					
Технологическая щепка		+	+		+	+	
Древесная мука			+	+			
Строительная отрасль							
Арболит	+	+		+			
Вермикулитосодержащая продукция		+	+	+	+	+	
Стеклодревесные панели	+	+	+	+	+	+	
Опилкобетон			+	+	+	+	
Деревобетон			+	+	+	+	
Гипсолиточный бетон			+	+	+	+	
Ксилиолит			+	+	+	+	
Древесноопилочные плиты			+	+	+	+	
Тырсолит			+	+			
Королит	+				+		
Утеплитель	+	+	+	+	+	+	
Теплоэнергетический комплекс							
Пеллеты		+	+	+	+	+	
Пини Кеи	+	+	+	+	+	+	
Древесный уголь	+	+	+		+	+	
Биоуголь	+	+	+		+	+	
Сельское хозяйство							
Компостирование	+			+	+	+	+
Корм	+						+
Подстилки для скота				+	+		+

Окончание таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8
Химическая промышленность							
Сорбент	+						
Хвойный бальзам	+						+
Дубильные вещества	+						+
Хвойно-витаминная мука							+

Вероятность внедрения перечисленных направлений переработки отходов, ограничена производственной мощностью предприятия, соответствием трудовых и материальных ресурсов, а также наличием спроса на производимую продукцию. Выбор возможных направлений использования отходов производства целесообразно проводить с помощью метода экспертных оценок.

Метод экспертных оценок – это метод организации работы со специалистами-экспертами и обработки мнений экспертов. Экспертом в данном случае является компетентное для выработки оценки лицо, имеющее специальный опыт в конкретной области и участвующее в исследовании в качестве источника получения информации. Сущность метода экспертных оценок заключается в том, что в основу принятого решения, прогноза, вывода закладывается мнение специалиста или коллектива специалистов, основанное на их знаниях и практическом профессиональном опыте [223].

В целях выбора реальных к внедрению направлений переработки отходов производства экспертным путем была произведена оценка представленных направлений. В качестве экспертов выступали ведущие технологи и инженерно-технические работники ООО «ДоК «Енисей». Для формирования экспертного мнения в рамках диссертационного исследования автором была разработана опросная таблица с указанием основных критериев оценки направлений использования древесных отходов (таблица 11). Данный перечень сформирован с учетом принципов циркулярной экономики. Для каждого критерия присвоен удельный вес, учитывающий важность данного критерия в общей интегральной оценке конкретного направления переработки отходов производства.

Таблица 11 – Критерии экспертной оценки направлений переработки отходов производства ООО «ДоК «Енисей»

Наименование критерия	Важность критерия
Группа А: Рыночные критерии – 0,2	
Спрос на продукцию	0,7
Конкурентоспособность продукции	0,2
Низкая потребность в продвижении на рынке	0,1
Группа В: Производственные критерии – 0,5	
Сырьевой потенциал предприятия	0,5
Технологический потенциал предприятия и отрасли	0,3
Трудовой потенциал предприятия и уровень квалификации	0,2
Группа С: Экологические критерии – 0,3	
Выбросы в окружающую среду	0,3
Взаимодействие со сторонними предприятиями/отраслями	0,3
Возможность циркулярного использования продукции после истечения срока полезного использования	0,4

Для каждой группы критериев также определена важность. В опросе приняли участие 5 ведущих специалистов-технологов ООО «ДоК «Енисей». Оценка проводится по 10-ти балльной шкале – максимальный балл). Средневзвешенная интегральная оценка результатов экспертных оценок рассчитывается по формуле 10:

$$I_{\text{отх}} = \frac{\sum_i (\sum_i (i_i * a_i) * v_i)}{n} \quad (10)$$

где: $I_{\text{отх}}$ – средневзвешенная интегральная оценка направления переработки отходов производства ООО «ДоК «Енисей»;

i_i – интегральная оценка направления переработки отходов производства ООО «ДоК «Енисей» i -го эксперта;

a_i – важность i -го критерия;

v_i – важность i -той группы критериев;

n – количество экспертов.

На основании полученных результатов сформирована общая таблица экспертной оценки направлений переработки отходов ООО «ДоК «Енисей» (таблица 12). Исходя из данных таблицы составлена диаграмма оценки пригодности направлений переработки древесных отходов в условиях функционирования объекта исследования, которая представлена в Приложении В к диссертационному исследованию.

Таблица 12 – Результаты интегральной экспертной оценки

Наименование продукции	Экспертные оценки					Средневзвешенный балл
	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7
Деревообрабатывающая промышленность						
ДВП	6,14	6,33	6,09	6,53	7,86	6,59
Мебель	4,76	4,23	3,95	4,52	4,84	4,46
Тарная досочка	5,72	6,58	5,22	5,76	5,96	5,85
Технологическая щепка	6,53	7	7,14	7,19	7,39	7,05
Древесная мука	5,18	5,98	6,12	5,32	5,52	5,62
Строительная отрасль						
Арболит	5,74	7,08	7,36	6,88	7,4	6,89
Вермикулитосодержащая продукция	7,08	7,68	7,96	7,72	8,12	7,71
Стеклодревесные панели	6,45	6,73	7,01	6,59	6,87	6,73
Опилкобетон	6,47	6,83	6,99	6,85	7,21	6,87
Деревобетон	6,47	6,98	7,02	6,85	7,21	6,91
Гипсолиточный бетон	6,43	6,77	7,47	6,82	7,14	6,93
Ксилиолит	6,2	6,61	7,31	6,77	7,05	6,79
Древесноопилочные плиты	5,89	5,8	6,5	6,32	6,72	6,25
Тырсолит	6,6	6,61	7,31	6,53	6,93	6,80
Королит	6,48	6,61	7,31	6,41	6,81	6,72
Утеплитель	7,59	7,01	6,94	6,48	7,31	7,07
Теплоэнергетический комплекс						
Пеллеты	5,09	7,57	7,29	5,73	6,01	6,34

Окончание таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7
Пиникии	5,79	7,57	7,29	7,34	6,72	6,94
Древесный уголь	5,13	7,69	7,41	5,71	5,89	6,37
Биоуголь	5,44	5,14	5,61	5,14	6,48	5,56
Сельское хозяйство						
Компостирование	6,2	6,1	6,38	5,86	6,24	6,16
Корм	5,89	5,74	6,02	5,57	5,95	5,83
Подстилки для скота	5,47	6,19	6,02	5,39	6,37	5,89
Химическая промышленность						
Сорбент	5,83	6,19	6,75	6,65	7,03	6,49
Хвойный бальзам	4,51	4,31	4,73	4,85	5,33	4,75
Дубильные вещества	4,69	4,35	4,77	5,03	5,51	4,87
Хвойно-витаминная мука	4,65	4,87	4,73	5,21	5,69	5,03

Наиболее оптимальными направлениями использования древесных отходов при настоящем уровне развития предприятия и отрасли в целом, по мнению экспертов ООО «ДоК «Енисей», являются:

- в деревообрабатывающей промышленности: производство древесноволокнистых плит (6,59 балла) и производство технологической щепы (7,05 балла);
- в строительной отрасли: производство вермикулитосодержащей продукции (7,71 балла), производство утеплителя (7,07 балла);
- в теплоэнергетическом комплексе представленные направления переработки по оценке экспертов получили приблизительно равные оценки (5,56 – 6,94 балла);
- в сельском хозяйстве – компостирование (6,16 балла);
- в химической промышленности – производство сорбента (6,49 балла).

Опираясь на сущность концепции циркулярной экономики, организация процесса переработки древесных отходов на предприятии должна представлять собой такой производственный цикл, при котором производимая продукция и

отходы от нее будут иметь возможность повторно перерабатываться на этом же предприятии в другую продукцию с добавленной стоимостью.

Так как целью любого производства является извлечение прибыли, значит, имеющийся объем отходов основного производства должен распределяться таким образом, что производимая продукция будет приносить максимально возможный экономический эффект.

Исходя из вышесказанного автором сформирована базовая схема эффективного и рационального использования отходов ООО «ДоК «Енисей», на основе которой будут рассмотрены дальнейшие варианты комбинирования возможных производств в контексте развития предприятия – рисунок 16.

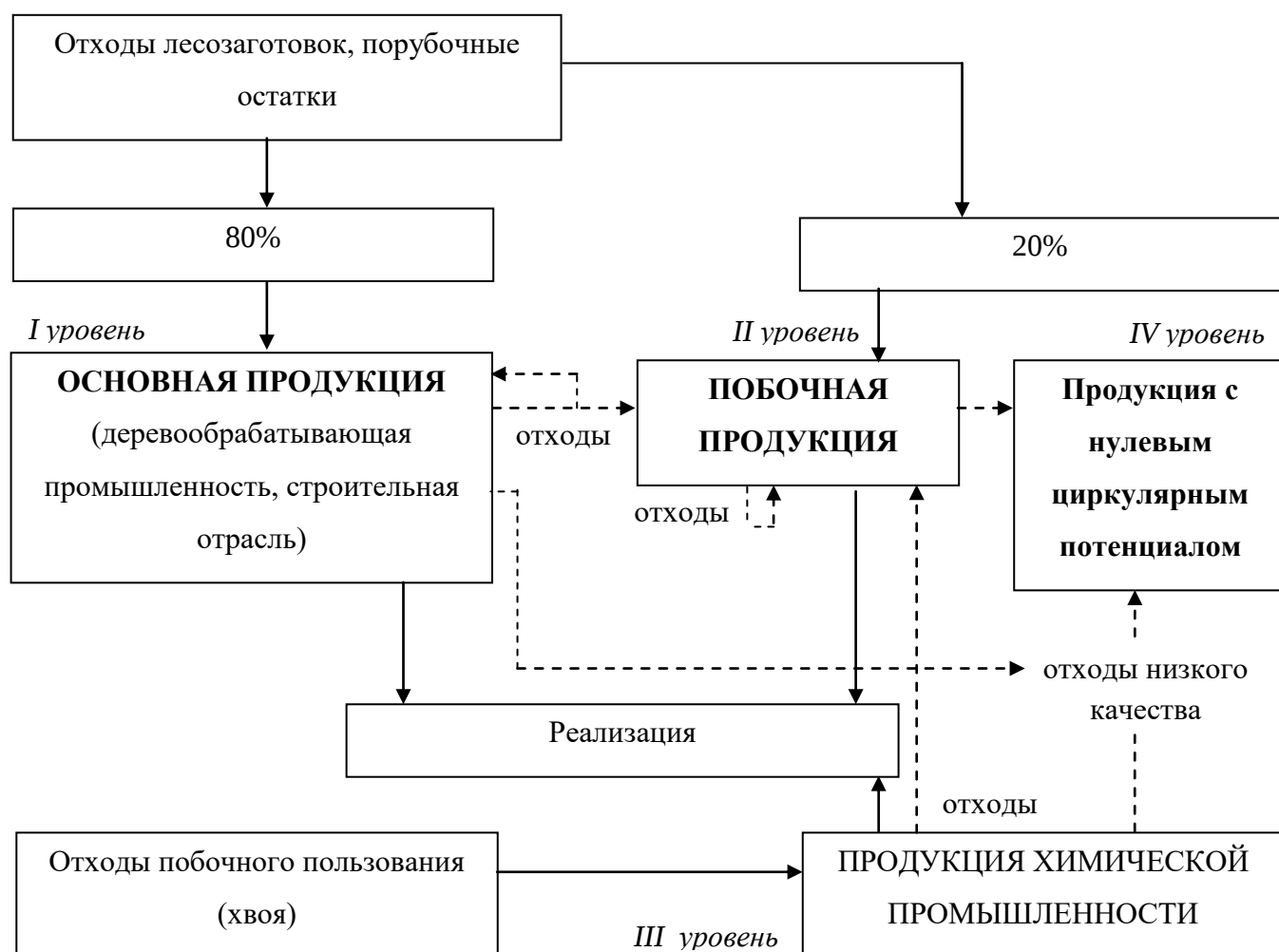


Рисунок 16 – Предлагаемая схема использования отходов основного производства ООО «ДоК «Енисей»

Предлагаемая схема является четырехуровневой и обеспечивает создание последовательных циклов производства продукции с вовлечением древесных отходов в повторный производственный цикл.

Так как в ассортиментной программе ООО «ДоК «Енисей» присутствует производство клееного бруса, данный факт позволяет считать, что на анализируемом предприятии реализуется I уровень модели эффективного и рационального использования древесных отходов, так как в производстве данного вида продукции задействованы крупные курсовые отходы основного производства.

Основную проблему внедрения схемы эффективного использования древесных отходов составляет предварительный этап подготовки производства – этап сбора и транспортировки отходов лесозаготовок, так как высокие затраты на данный этап могут оказать значительное влияние на итоговую стоимость готовой продукции. Данная проблема остается актуальной для всех лесозаготовительных предприятий.

В целях оптимизации процесса вывозки древесных отходов предлагается измельчать специальным оборудованием (мульчировать) отходы лесозаготовок, порубочные остатки и пни [224].

Преимущество данной процедуры в сравнении с организацией вывозки не измельченных древесных отходов и порубочных остатков заключается в следующем:

- затраты на мульчирование значительно меньше, чем при организации вывозки крупных порубочных остатков;
- объем измельченных остатков в несколько раз меньше первоначальных древесных отходов, что является весомой экономией при вывозке;
- полученную щепу можно использовать в разных сферах (как топливо, сырье для изготовления прессованной продукции и т.д.);
- измельчение древесных отходов и порубочных остатков при помощи мульчера является разумным с экологической точки зрения [227].

Решение проблемы сбора и вывозки древесных отходов с лесосек возможно при условии реализации пакета мер, стимулирующих переход лесопромышленного комплекса к циркулярной экономике, представленных в п. 3.1 диссертационного исследования, в частности институциональных и финансовых мер.

С учетом результатов интегральной экспертной оценки выявлен ряд перспективных направлений переработки древесных отходов (рисунок 17).



Рисунок 17 – Варианты производства продукции с использованием древесных отходов

Полученную в результате мульчирования технологическую щепу предлагается распределить по принципу Паррето: 80% использовать в производстве утеплителя или вермикулитосодержащей продукции; 20% направлять на компостирование ли производство топливной продукции (Pini Key или древесного угля). Направление щепы в производство топливной продукции рационально в случае низкого качества древесных отходов, поэтому не рассматривается вариант использования отходов в производстве пеллет, которое уже налажено на ООО «ДоК «Енисей».

Большую ценность представляет кора в виду наличия большого количества перспективных направлений ее переработки. На данный момент технологическим циклом ООО «ДоК «Енисей» не предусмотрена повторная переработка коры, весь имеющийся объем коры используется на технологические нужды предприятия. Исходя из принципов циркулярной экономики целесообразно рассмотреть варианты производства строительной продукции из коры. Данное направление в последнее время развивается большими темпами, о чем свидетельствует опыт японских и американских промышленных лесных компаний.

Производство всех видов продукции не представляется возможным, таким образом, необходимо выбрать наиболее эффективный вариант построения циркулярного производства.

Оценку направлений для выбора наиболее эффективных комбинаций предлагается провести на основе методики, предложенной в п. 2.4 диссертационного исследования.

Оценка направлений переработки древесных отходов производится в 2 этапа. На первоначальном этапе проводится расчет типовых технико-экономических показателей эффективности рассматриваемых направлений (оценка эффективности инвестиционного проекта), на втором – оценка эффективности направлений с точки зрения концепции циркулярной экономики.

Основной проблемой при использовании отходов лесозаготовок являются трудности в сборе и доставки отходов с лесосек до пункта их переработки. Основной статьей затрат в данном случае являются транспортные расходы

(расходы на топливо и ГСМ), в виду удаленности лесозаготовительных баз, а также затраты на оплату труда сотрудников, ответственных за сбор, мульчирование и транспортировку отходов.

Сумма расходов на сбор, мульчирование и вывозку планируемого объема древесных отходов составляет 109,08 руб./1 м³ (таблица 13). Объем получаемой древесной щепы равен (опираясь на стандарты отрасли [25, 26]) составит 50 тыс. м³. Цены на измельчители древесины от производителей варьируются от 200 до 1500 тыс. рублей. Ориентировочный размер капиталовложений для оснащения мульчерами всех лесозаготовительных баз составит 4 млн. рублей. Получаемая щепа является сырьем, из которого можно производить различную строительную и топливную продукцию.

Таблица 13 – Расчет затрат на сбор, измельчение и вывозку древесных отходов с лесосек

Наименование показателя	Сумма расходов
Топливо, тыс. руб.	3 300,00
ГСМ, тыс. руб.	1 280,00
Оплата труда сотрудников с начислениями, тыс. руб.	1 182,60
Общепроизводственные расходы, тыс. руб.	288,13
Итого, тыс. руб.	6 050,73
На 1 м ³ щепы, руб.	109,08
Капиталовложения, тыс. руб.	4 000

Рассмотрим варианты производства продукции в соответствии со схемой 17. Производство утеплителя из щепы можно осуществлять сухим и мокрым способом, при всех вариантах производства возможен возврат в повторное производство полученных отходов [228].

Из доступного для повторной переработке на I этапе циркулярной экономики объема древесной щепы (40 тыс. м³) реально производить 35 тыс. м³ древесного утеплителя с прогнозируемой рентабельностью 8,4%

Вермикулитосодержащую продукцию получают посредством смешивания вспученного вермикулита и древесной щепы, опилок и прочих древесных отходов. Данный материал используют в строительстве при возведении и утеплении домов [88, 145]. На основе данных о среднерыночных ценах прогнозируемая рентабельность составит 8,06%

Королит представляет собой конструктивно-теплоизоляционную плиту на основе коры и минеральных вяжущих. Технология производства королита аналогична технологии производства арболита и является перспективным направлением использования коры. Королит применяют при строительстве зданий и отделке помещений.

Схожие характеристики и технологический процесс имеют и изоляционные материалы из коры. Они предназначены для утепления помещений, продукция обладает высокой огнестойкостью. Данная технология опробована немецкими, польскими производителями и известна уже более 40 лет [144, 170]. Прогнозируемая рентабельность продукции из коры составляет 5%.

Производство органических удобрений (компостирование) менее трудозатратно, но имеет более долгие сроки получения товарной продукции, доступной к реализации с целью извлечения прибыли. При рассмотрении варианта компостирования 10 тыс. м³ измельченной древесины на выходе через год получаем 3,3 м³ органических удобрений [63, 225].

Pini Kay (Пини Кей) – это экологическое твердое топливо для разных печей, каминов и котлов. Их применяют для устройств разного назначения и вида [149]. Они являются отличной альтернативой ископаемым видам топлива, типа, угля, газа, мазута и т.д. Данный вид продукции имеет широкий спектр входного сырья (помимо древесного), что позволяет располагать его на завершающем уровне циркулярного производства ООО «ДоК «Енисей».

Древесный уголь также может быть произведен из любого органического продукта (отходы деревообработки, сельскохозяйственные отходы, иловые осадки, торф). Получают данный продукт методом пиролиза, который представляет собой нагрев органического материала без доступа кислорода [226].

Итоговые показатели использования древесных отходов в качестве сырья для рассматриваемых технологий представлены в таблице 14. Данные спрогнозированы исходя из имеющегося объема сырья, рыночных цен на ресурсы и на аналогичную продукцию у других производителей. Для оценки эколого-экономической эффективности предложенных направлений переработки древесных отходов проведем группировку технологий – рисунок 18.

<i>№ варианта</i>	<i>Продукция 1</i>	<i>Продукция 2</i>	<i>Продукция с нулевым циркулярным потенциалом</i>
<i>1 вариант</i>	Утеплитель	Королит / Изоляционные материалы	Органические удобрения
<i>2 вариант</i>	Утеплитель	Королит / Изоляционные материалы	Pini Kay
<i>3 вариант</i>	Утеплитель	Королит / Изоляционные материалы	Древесный уголь
<i>4 вариант</i>	Вермикулитосодержащая продукция	Королит / Изоляционные материалы	Органические удобрения
<i>5 вариант</i>	Вермикулитосодержащая продукция	Королит / Изоляционные материалы	Pini Kay
<i>6 вариант</i>	Вермикулитосодержащая продукция	Королит / Изоляционные материалы	Древесный уголь

Рисунок 18 – Схемы комбинированных производств продукции из древесных отходов

По причине схожих показателей эффективности использования сырья и прогнозируемой выручки, рассматривать отдельно технологические схемы производства королита и изоляционных материалов из коры является не целесообразным.

Таблица 14 – Расчет показателей эффективности рассматриваемых производств

Наименование показателя	I уровень		II уровень		III уровень	IV уровень	
	Утеплитель	Вермикулит-содержащая продукция	Королит	Изоляционные плиты из коры	Компости-рование	Pini Kay	Древесный уголь
Капиталовложения, тыс. руб.	8 500	9 800	3 000	3 000	130	3 200	3 000
Перерабатываемый объем древесных отходов, тыс. м ³	40	40	8,43	8,43	10	10	10
Выпуск продукции	35 тыс. м ³	62 тыс. м ³	6 тыс. м ³	6 тыс. м ³	3 300 тыс. м ³	9 500 тонн	3 800 тыс. т.
Себестоимость, тыс. руб.	385 197,05	76 284,86	3 000	3 000	3 792,00	75 098,83	15 074,45
единицы продукции, руб.	11 005,63 руб./м ³	1 230,40 руб./м ³	500 руб./м ³	500 руб./м ³	1 149,09 руб./м ³	7905,14 руб./т.	3966,96 руб./т.
Прогнозируемая выручка, тыс. руб.	417 553,6	82 111,47	3 150	3 150	3970,22	80 750,12	15 675,53
Рентабельность, %	8,4	8,06	5	5	4,7	7,53	3,99

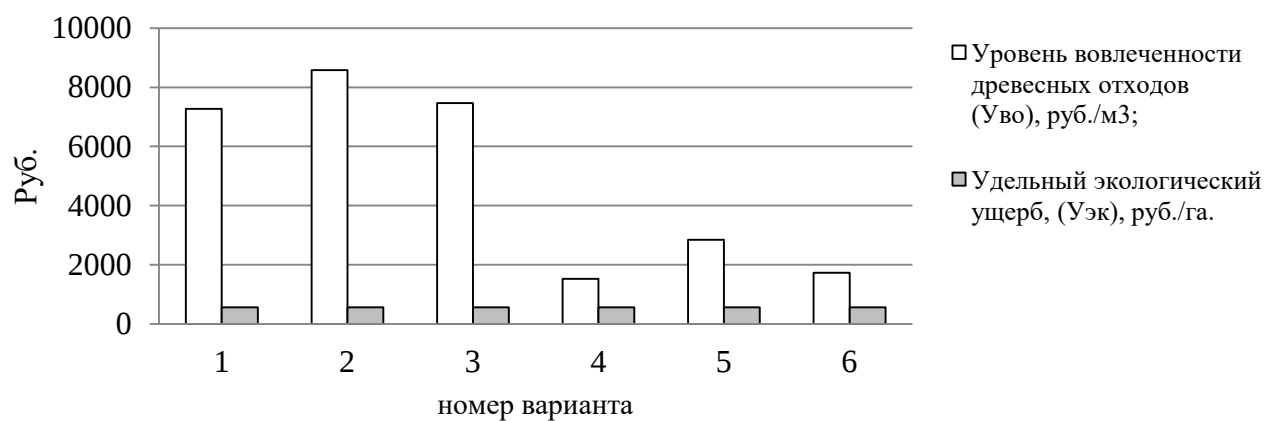
Далее проведем оценку предложенных вариантов использования древесных отходов ООО «ДоК «Енисей» на основе методики, представленной в п. 2.4 диссертационного исследования. Итоговые результаты расчетов представлены в Приложении В. Наглядно результаты оценки отдельных направлений использования древесных отходов представлены на рисунке 19.

Предлагаемые критерии оценки экологической эффективности производств информативны при расчете в масштабах комплекса или группы предприятий, так как в рамках ООО «ДоК «Енисей» рассмотрены варианты переработки всего имеющегося объема древесных отходов. Уровень вовлеченности древесных отходов выше по вариантам, рассматривающим производство утеплителя в виду более высокой стоимости и востребованности итоговой продукции на рынке.

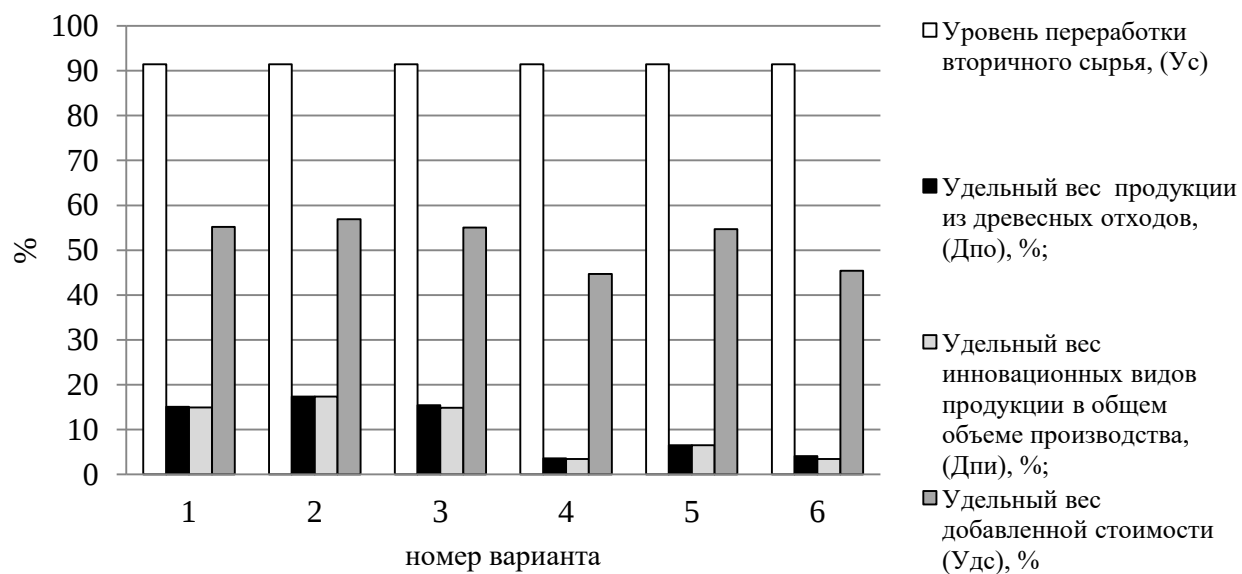
При расчете показателей экономической эффективности рассматриваемых производств было выявлено, что наиболее значимыми являются показатели удельного веса продукции из древесных отходов в общем объеме продукции ($D_{по}$) удельного веса инновационных видов продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции ($D_{пи}$) и удельного веса добавленной стоимости ($У_{дс}$). Таким образом, наиболее эффективными являются также 1, 2 и 3 варианты комбинирования технологий производства продукции из древесных отходов.

По результатам расчета показателя уровня эффективности вторичной переработки ресурсов можно сказать, что наиболее эффективной комбинацией технологий с точки зрения концепции циркулярной экономики является 1 вариант, который включает производство утеплителя, королита (или изоляционных материалов) и органических удобрений.

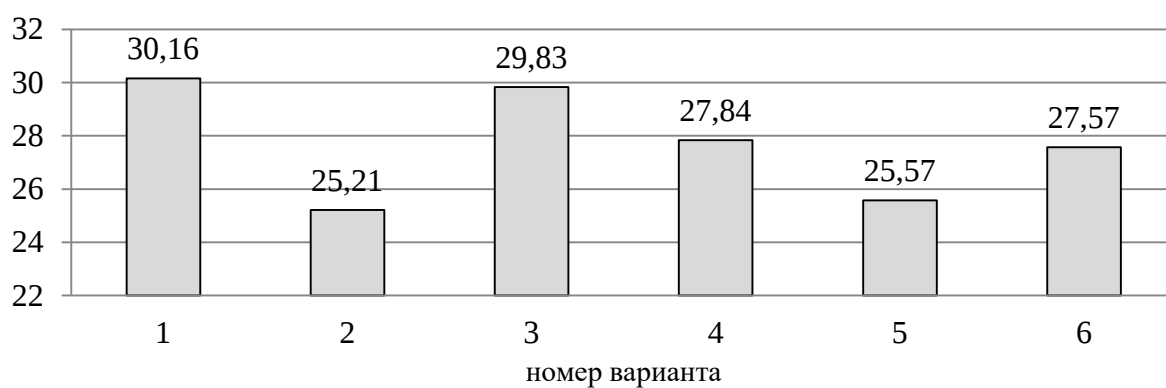
Результаты оценки эффективности инвестиционного проекта показали, что для реализации первого варианта комбинирования технологий циркулярного использования древесных отходов требуется наименьшее количество инвестиции при высоких показателях NPV и прироста прибыли и низком уровне транспортных расходов в структуре себестоимости продукции.



а) стоимостные критерии



б) относительные критерии



в) уровень эффективности вторичной переработки ресурсов

Рисунок 19 – Результаты оценки направлений переработки древесных отходов
ООО «ДоК «Енисей»

На наш взгляд 2 и 3 также варианты использования отходов основного производства ООО «ДоК «Енисей» реальны к внедрению, так как:

- проведенные исследования подтверждают актуальность данного направления для крупного предприятия лесопромышленного комплекса, не смотря на наличие у объекта исследования производственного цикла с участием отходов основного производства;
- рассматриваемые технологии производства подразумевают повторное использование отходов, что обеспечивает создание внутреннего цикла потребления ресурсов предприятия;
- предложенные направления способствуют созданию кластерных бизнес-связок объекта исследования со сторонними отраслями – в частности со строительной отраслью и теплоэнергетическим комплексом;
- предварительные расчеты свидетельствует о высокой эффективности рассматриваемых производств с точки зрения концепции циркулярной экономики и наглядно демонстрируют высокую прибыльность от реализации продукции из отходов.

Для реализации предложенных направлений использования отходов основного производства ООО «ДоК «Енисей» необходимо функционирование определенного механизма, посредством которого будут определены этапы перехода предприятия на модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов. Руководству ООО «ДоК «Енисей» необходимо проработать ряд направлений регулирования деятельности предприятия.

Первостепенное необходимо обновление регламентирующих и уставных документов предприятия в сфере использования сырьевых ресурсов, издания положений и регламентов по обращению и использованию отходов основного производства, а также порядка взаимодействия с предприятиями – представителями сторонних отраслей. Предложения по оптимизации производственных процессов должны преследовать цели рационально потребления ресурсов и обеспечивать повышение показателей эффективности

деятельности предприятия, представленных в методике эколого-экономической оценки направления потребления ресурсов предприятия.

Службам управления персоналом необходимо способствовать организации повышения квалификации, обучения и стажировок инженерно-технического персонала предприятия для освоения новых видов производственных технологий и изучения передового опыта в сфере использования и переработки древесных отходов.

Технологический потенциал предприятия должен соответствовать современному технологическому уровню развития отрасли и способствовать бесперебойному функционированию предприятия и максимально эффективному использованию сырьевого потенциала предприятия.

Мотивационный аспект деятельности ООО «ДоК «Енисей» заключается в разработке мер стимулирующего характера для отделов и сотрудников, способствующих изучению и развитию технологических процессов использования отходов производства. Предусматриваются меры морального и материального стимулирования.

Субъекты внешнего воздействия также определяют тенденции развития ООО «ДоК «Енисей». Взаимодействие с представителями сторонних отраслей обеспечивает создание функциональных бизнес-связок, способствующих сбыту продукции, закупке необходимых компонентов, что в перспективе обеспечивает устойчивое положение предприятия и наращивание производственных мощностей. Заинтересованность и осведомленность потребителей и населения о принципах циркулярного потребления ресурсов будет способствовать формированию благоприятного экологического мышления и повышению спроса на экологически чистую продукцию, что в дальнейшем снизит экологическую нагрузку на окружающую среду и сократит потребление древесных ресурсов. Взаимодействие с высшими учебными заведениями и лабораториями позволит проводить испытания и исследования в области использования древесных отходов по заказу предприятия. Наиболее перспективные исследования и

разработки могут быть внедрены в деятельность предприятия в более быстрые сроки.

Таким образом, на основе вышесказанного, автором сформирован механизм функционирования ООО «ДоК «Енисей» в контексте формирования и развития ЛПК на основе принципов циркулярной экономики» – рисунок 20.



Рисунок 20 – Механизм функционирования ООО «ДоК «Енисей» на основе принципов циркулярной экономики

Первоочередным шагом является формулировка целевых критериев развития предприятия с учетом тенденций развития отрасли, а также на основе интересов субъектов внешнего воздействия. Формирование критериев должно быть основано на теоретических положениях концепции циркулярной экономики с учетом реального производственно-экономического состояния предприятия.

Немаловажным фактором на первом этапе является выявление представителей смежных отраслей, деятельность которых регламентирована или следует принципам циркулярной экономики, на основе чего рекомендуется производить заключение соглашений о межотраслевом взаимодействии на предмет обмена опытом или организации обучения и повышения квалификации персонала. Итогом данного взаимодействия будет являться организация производственного цикла с максимальным использованием сырьевого потенциала предприятия.

Сформулированные целевые критерии лягут в основу внутренней стратегии развития ООО «ДоК «Енисей», сформированную с учетом отраслевых программ развития лесопромышленного комплекса, а также программ экологического развития Российской Федерации. На основе внутренней стратегии развития предприятия будет происходить совершенствование производственного цикла ООО «ДоК «Енисей», обновление основных производственных фондов, освоение новых производств и новых рынков сбыта. На этапе подготовки технологических решений о расширении производственных линий рекомендуется проводить оценку рассматриваемых направлений использования отходов основных производств по методике эколого-экономической оценки, представленной и апробированной в диссертационном исследовании.

Положительным результатом перехода ООО «ДоК «Енисей» на модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов, помимо дополнительной экономической выгоды, является сокращение потребности в первичном древесном сырье, что позволит без необоснованного повышения объемов лесозаготовок производить качественную и экологичную продукцию на основе древесного сырья, что в перспективе скажется на показателях производительности отрасли в целом.

Одним из факторов планомерного развития лесопромышленного комплекса Красноярского края является сохранение лесного фонда, исходя из чего, ориентация предприятий лесопромышленного комплекса региона на использование древесных отходов в производственных целях для получения

дополнительной экономической выгоды позволит снизить экологическую нагрузку на лесной фонд с возрастающими показателями производства и реализации продукции ЛПК.

Представленные результаты исследования наглядно демонстрируют актуальность и целесообразность использования древесных отходов не только для производства древесной продукции, но и в строительной отрасли и теплоэнергетическом комплексе. Данные направления позволяют использовать имеющиеся лесные ресурсы на максимально доступном уровне.

Следование лесопромышленного комплекса Красноярского края принципам циркулярной экономики позволит в полной мере использовать имеющийся сырьевой потенциал региона для производства продукции с высокой добавленной стоимостью, что окажет значительное положительное влияние как на экономику региона, так и на лесопромышленный комплекс в целом.

Выводы по главе 3

1. В диссертационном исследовании предложен подход, регулирующий процесс перехода лесопромышленного комплекса на модель циркулярной экономики. Данный подход заключается в определении субъектов модели; разработке инструментов с последующим формированием механизма развития ЛПК с использованием модели эффективного и рационального потребления ресурсов. Предлагаемый механизм реализуем как в рамках отдельного предприятия, так и в рамках отрасли.

2. Предложенные в диссертационном исследовании инструменты сгруппированы по основным направлениям регулирования деятельности лесопромышленного комплекса: институциональные, финансовые, инвестиционные и социальные инструменты. В рамках каждой группы инструментов рассмотрены мероприятия, обеспечивающие их реализацию. Институциональные инструменты рассмотрены в контексте нормативно-правового регулирования использования древесных ресурсов и обращения с

древесными отходами. Обязательным условием перехода на модель эффективного и рационального потребления древесных ресурсов является внесение деятельности по переработке или реализации древесных отходов в обязательный перечень видов деятельности предприятий отрасли. Финансовые инструменты направлены на совершенствование налоговой политики государства и дополнение мер государственной поддержки для предприятий, ориентированных на рециклинг древесных отходов, комплексное использование древесного сырья и производство инновационной продукции из древесных отходов. Корректировка действующих нормативно-правовых актов и дополнение перечня мер финансовой поддержки отрасли позволят перейти к реализации инвестиционных инструментов, а именно – к созданию эффективно-функционирующей инфраструктуры ЛПК, основанной на принципах циркулярной экономики. В данную инфраструктуру будут входить эко-технопарки и пункты сортировки и хранения древесных отходов, структура и процесс функционирования которых рассмотрен в диссертационном исследовании. Социальные инструменты направлены на повышение престижности отрасли среди молодых специалистов и на популяризацию идеи значимости экологического состояния окружающей среды. Поддержка развития лесопромышленного комплекса со стороны органов власти будет направлена на повышение эффективности отрасли и наряду с общими мерами, стимулирующими развитие производственных отраслей, будет включать группу специальных мероприятий, обусловленных спецификой отрасли.

3. Апробация результатов диссертационного исследования проведена на примере ООО «ДоК «Енисей». Применение предложенных принципов циркулярной экономики лесопромышленного комплекса позволило рассмотреть варианты эффективного и рационального использования древесных ресурсов. Результаты эколого-экономической оценки и расчета показателя REE позволили выявить наиболее эффективную комбинацию технологий производства продукции из древесных отходов с точки зрения концепции циркулярной экономики. Полученные результаты свидетельствуют о практической значимости проведенных исследований.

4. В совокупности по результатам теоретических исследований и апробации предложенного концептуального подхода, автором сформирован механизм функционирования ООО «ДоК «Енисей». Первоочередным шагом является формулировка целевых критериев развития предприятия и корректировка собственной стратегии развития предприятия. С субъектами внешнего воздействия рекомендуется производить заключение соглашений о межотраслевом взаимодействии на предмет развития циркулярного производства. Положительным результатом для участников межотраслевого взаимодействия является сокращение потребности в сырье.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного диссертационного исследования автором сформулированы следующие выводы, обобщающие полученные результаты.

Циркулярная экономика подразумевает переработку отходов во вторичное сырье и использование его на разных этапах производственного процесса. Определены следующие особенности лесопромышленного комплекса как объекта для реализации концепции циркулярной экономики: экологическая и экономическая значимость ЛПК; возможность организации переработки до 100% доступного древесного сырья и предотвращения образования отходов; многовариативность и возможность каскадного использования древесного сырья; наличие перспектив инновационно-ориентированного развития отрасли на основе идеи рециклинга и био-рефайнинга; возможность создания эко-технопарков на основе производственных взаимосвязей ЛПК и смежных отраслей экономики в области переработки древесных и прочих видов отходов.

На основании отраслевых особенностей реализации концепции циркулярной экономики предложен концептуальный подход к формированию и развитию лесопромышленного комплекса, сущность которого заключается в организации замкнутого цикла использования древесного сырья с производством высокоэффективной продукции на основе концепции циркулярной экономики и создания механизма развития ЛПК с использованием модели эффективного и рационального потребления древесных ресурсов на уровне региона, в формировании инновационной продукции в сопутствующих и смежных отраслях. Сформулированы принципы циркулярной экономики лесопромышленного комплекса включающие: ресурсную эффективность и безотходность производств, формирование замкнутых цепей поставок, нулевые отходы производств, ответственное инвестирование, кластеризацию смежных отраслей и корпоративную экологическую ответственность.

На основе проведенных теоретических исследований в области переработки древесных отходов в диссертации предложена классификация древесных. Помимо

деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности древесные отходы могут найти применение в таких отраслях экономики, как химическая промышленность, теплоэнергетическая отрасль, строительная отрасль, сельское хозяйство.

На основе принципов циркулярной экономики в диссертации разработана многоуровневая каскадная модель эффективного и рационального потребления ресурсов. Отходы от производства одного уровня модели являются ресурсом для следующего уровня потребления и т.д. На предпоследнем уровне рекомендуется производить продукцию, имеющую низкий потенциал к повторной переработке; на завершающем уровне – производить продукцию теплоэнергетического комплекса. Количество уровней переработки на предприятиях комплекса зависит от масштаба, видов деятельности и имеющегося производственного потенциала.

Разработана методика оценки эффективности отдельных направлений переработки древесных отходов. Предложены основные критерии эффективности производства, которые необходимо учитывать при расчете итогового показателя эффективности переработки ресурсов лесопромышленного комплекса. Для количественной оценки эффективности деятельности лесопромышленного комплекса на основе принципов циркулярной экономики предложены следующие показатели: выход готовой продукции с 1 м³ древесных отходов; удельный вес продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции деревообработки; уровень переработки вторичного сырья; удельный экологический ущерб; удельный вес инновационных видов продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции деревообработки; добавленная стоимость продукции. На основе представленных показателей и критериев эффективности циркулярной экономики лесопромышленного комплекса предложен обобщающий показатель эффективности функционирования лесопромышленного комплекса на основе концепции циркулярной экономики – эффективность вторичной переработки ресурсов ЛПК.

Для эффективного формирования и развития лесопромышленного комплекса разработан механизм развития лесопромышленного комплекса на

основе концепции циркулярной экономики, включающий субъекты, регламентирующие процесс перехода, принципы циркулярной экономики в ЛПК. Предложены инструменты и мероприятия, направленные на стимулирование процесса перехода ЛПК к циркулярной экономике.

Результаты апробации предлагаемого методического подхода к оценке эффективности производств с точки зрения циркулярной экономики подтверждают их практическую значимость.

Вместе с этим, подлежат решению вопросы дальнейшего совершенствования нормативно-правовой базы в области ответственности субъектов лесопользования в направлении обращения с отходами лесозаготовок, разработки механизмов взаимодействия представителей отраслей народного хозяйства при организации совместных производственных проектов, формировании и реализации программных и нормативно-правовых документов разного уровня – что может явиться предметом для дальнейших научных исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Нормативно-правовые акты

1. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/
2. Земельный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/
3. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» от 30.12.2001 N 195-ФЗ [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/5d94a3e5987f4b54531d0d8bad631b120c42b594/
4. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 №200-ФЗ (в реакции от 27.12.2018 г.) [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/
5. Налоговый Кодекс Российской Федерации // СПС «Консультант Плюс» [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19671/
6. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002г. «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/
7. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/a35691d79e7953cc768359c2b24b0fefa2258c8b/
8. Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» (Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 318 (ред. от 28.03.2019 г.)) [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/499091762>
9. РАСПОРЯЖЕНИЕ от 25 января 2018 года N 84-р «Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и

обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/556353696>

10. Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 26.09.2013 г. № 1724-р) [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70361820/>

11. Постановление Правительства РФ от 23.02.2018 г. № 190 (ред. от 24.05.2019) «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов и об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://base.garant.ru/71888832/>

12. Постановление Правительства РФ от 11.10.2014 г. № 1044 «Об утверждении Программы поддержки инвестиционных проектов, реализуемых на территории Российской Федерации на основе проектного финансирования (с изм. и доп. от 01.02.2018) // СПС «КонсультантПлюс». [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_169755/

13. Постановление Правительства РФ от 31.07.2015 г. №779 (ред. от 02.02.2018) «О промышленных кластерах и специализированных организациях промышленных кластеров» // СПС «Консультант-Плюс». [Электронный ресурс] – режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_183798/

14. Экологическая доктрина Российской Федерации (Распоряжение правительства РФ от 31.08.2002г. № 1225-р [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/ekologicheskaya_doktrina/ekologicheskaya_doktrina_rossiyskoy_federatsii/

15. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (Распоряжение правительства РФ от 11.02.2021 г. №312-р) [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573658653>

16. Прогноз научно-технического развития Российской Федерации на период до 2030 г. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70484380/>

17. Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 г. (Распоряжение Правительства РФ от 05.07.2010 № 1120-р, редакция от 26.12.2014 г.) [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902229380>

18. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. (Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. N 176) [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420396664>

19. Стандарт Фонда развития промышленности. Условия и порядок отбора проектов для финансирования по программе «Проекты лесной промышленности». редакция 1.0 № СФ-И-151 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://frprf.ru/download/usloviya-programmy-proekty-lesnoy-promyshlennosti.pdf>

20. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/NSUR-2035-1.pdf>

21. Указ Губернатора Красноярского края от 21.12.2018 г. № 332-уг «Об утверждении Лесного плана Красноярского края» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/550303431>

22. Указ Губернатора Красноярского края от 17.12.2013 г. № 239-уг (ред. 30.04.2015 г. № 97-уг) «Об утверждении инвестиционной стратегии Красноярского края до 2030 г.» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://sudrf.cntd.ru/document/465805473>

23. Постановление Правительства Красноярского края от 30.10.2018 г. № 647-п «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Красноярского края до 2030 г.» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.lawmix.ru/zakonodatelstvo/2066258>

24. Постановление Правительства Красноярского края от 30.09.2013 г. № 513-п «Об утверждении государственной программы Красноярского края «Развитие лесного хозяйства» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.lawmix.ru/zakonodatelstvo/2066258>

25. ГОСТ 33103.4-2017 Биотопливо твердое. Технические характеристики и классы топлива. Часть 4. Классификация древесной щепы [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200146151>

26. ГОСТ 15815-83 Щепа технологическая. Технические условия [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/21/21168.shtml>

27. ГОСТ Р 56847-2015 «Национальный стандарт Российской Федерации. Процессы производства целлюлозы. Нормативы образования отходов» – [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200129485>

28. ГОСТ Р 56070-2014 «Отходы древесные. Технические условия» – [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/57606/>

29. ГОСТ 17462-84 «Межгосударственный стандарт. Продукция лесозаготовительной промышленности. Термины и определения» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200014926>

Книги, монографии, статьи

30. Абезин, Д.А. Теория циркулярной экономики и перспективы ее влияния на законодательство об отходах производства и потребления / Абезин Д.А., Анисимов А.П. // Гуманитарные и юридические исследования. 2018. № 3. С. 143-149. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36489420>

31. Абрамов, А.В. Об эффективности рециклинга / А.В. Абрамов, О.С. Кусраева // Рециклинг отходов. 2009. № 5 (23). С. 2-4

32. Аким, Э.Л. Био-рефайнинг растительного сырья, циркулярная экономика и проблемы механики древесных и целлюлозно-бумажных материалов / Э.Л. Аким // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов V международная научно-техническая конференция, посвященная памяти профессора В.И. Комарова, 2019. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://paper.narfu.ru/upload/medialibrary/24d/1-_-Akim.pdf

33. Александрова, В.Д. Современная концепция циркулярной экономики / Александрова В.Д. // Международный журнал гуманитарных и естественных

наук. 2019. № 5-1. С. 87-93. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38187579>

34. Антонова, Н.Е. Региональные реакции на трансформацию лесной политики (на примере лесного комплекса Дальнего Востока / Н.Е. Антонова // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук. – Хабаровск, 2010 – 46с.

35. Антонова, Н.Е. Лесная политика: теория и применение / Н.Е. Антонова // Пространственная экономика. 2010. № 2. С.33-52.

36. Антонова Н.Е., Управление лесным комплексом многолесного региона / Н.Е. Антонова, А.С. Шейнгауз // Владивосток: Дальнаука. 2002. 192 с.

37. Батова, Н.Н. На пути к зеленому росту: окно возможностей циркулярной экономики. Аналитические материалы // Н.Н. Батова, П.В. Сачек, И.Э. Точинская, 2018 [Электронный ресурс] – режим доступа: https://beroc.org/publications/policy_papers/na-puti-k-zelenomu-rostu/

38. Батова, Н.Н. Циркулярная экономика в действии: формы организации и лучшие практики / Н.Н. Батова, П.В. Сачек, И.Э. Точицкая // BEROС Green Economy Policy Paper Series, PP no.5, 2018. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.ipm.by/upload/medialibrary/7e1/7e10ed60717f6bfd0a93d2ee8829a22a.pdf>

39. Батова, Н.Н. Циркулярная экономика: концептуальные подходы и инструменты их реализации. Монография для специалистов органов госуправления, бизнеса и заинтересованной общественности / Н.Н. Батова [и др.] ; под общ. ред. С. Дорожко, А. Шушкевича ; Internationales Bildungs- und Begegnungswerk (IBB) Dortmund gGmbH. – Минск : Медисонт, 2020. – 212 с. : ил.

40. Батова, Н.Н. Циркулярная экономика в сельском хозяйстве: концептуальные основы и возможности внедрения в Республике Беларусь / Н.Н. Батова, И.Э. Точицкая, П.В. Сачек // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук, 2021, том 59, №3 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://vestiagr.belnauka.by/jour/article/view/577>

41. Бахтина, С.С. Перспективы развития циркулярной экономики в России как фактор устойчивого развития / Бахтина С.С., Злобина И.В. // Формирование устойчивого развития экономики на принципах экологического менеджмента Материалы XIII международной научно-практической конференции. 2017. С. 117-121. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35291501>

42. Бобков, И.А. Возможность применения циркулярной экономики в РФ / Бобков И.А. // Устойчивое развитие науки и образования. 2019. № 4. С. 16-19. – [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38564660>

43. Белов, В.В. Новая промышленная стратегия Евросоюза. Аналитическая записка №13. Institute of Europe RAS, 2020 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.instituteofeurope.ru/images/uploads/analitika/2020/an196.pdf>

44. Беляков, Г.П. Принципы формирования стратегии технологического развития предприятий лесопромышленного комплекса в регионе / Г.П. Беляков, А.А. Поконов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал, № 10, 2016. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28393832>

45. Беляков, Г.П. Современные тенденции и особенности технологического развития предприятий лесопромышленного комплекса / Г.П. Беляков, А.А. Поконов // Общество: политика, экономика, право, № 10, 2016. – С. 42-45. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27204958>

46. Беляков, Г.П. Уровень технологического развития предприятий лесопромышленного комплекса и методические подходы к оценке / Г.П. Беляков, А.А. Поконов // Теория и практика общественного развития, № 10, 2016. – С. 56-60. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27162041>

47. Белякова, Г.Я. Конкурентоспособность региональной экономики (концепция опережающего развития): Диссертация на соискание ученой степени

доктора экономических наук / Белякова Г.Я.; Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова. – Москва, 2001. – 321 с.

48. Белякова, Г.Я. Уникальная лесопромышленная специализация региона / Г.Я. Белякова, И.В. Мельман // Региональная экономика: теория и практика. Издательский дом «Финансы и кредит», том 17, №9 (468), 2019. – С. 1646-1656.

49. Белякова, Г.Я. Кластерный потенциал развития промышленного сектора региона / Г.Я. Белякова, Т.Н. Плотникова, А.А. Мюллерсон // Проблемы социально-экономического развития Сибири, №4 (34), 2018. – С.21-25. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36793749>

50. Беспалова, В.В. Проблемы инновационной деятельности и необходимость внедрения инновационной системы производства на деревообрабатывающих производствах / В.В. Беспалова, О.А. Полянская // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, №3, 2016. – С. 183-186. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25581598>

51. Беспалова, В.В. Комплексное использование лесных ресурсов как один из факторов устойчивого лесопользования / В.В. Беспалова // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития». Красноярск, 2021. – С.29-31. – [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47232196>

52. Блам, Ю.Ш. Институциональные и информационные проблемы совершенствования структуры сибирского лесного комплекса / Ю.Ш. Блам, Л.В. Машикина // Развитие и функционирование несовершенных рынков: теория и практика / ответственный редактор Н.И. Суслов, научные редакторы: Г.П. Литвинцева, О.В. Валиева ; Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Издательство ИЭОПП СО РАН, 2021. – ISBN 978-5-89665-359-2. – Гл. 3.4. – С. 358-383.

53. Блам, Ю.Ш. Лесной комплекс: прогнозы и стратегии / Ю.Ш. Блам, Л.В. Машкина // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XV Международный научный конгресс : сборник материалов в 9 т. Т. 3 : Международная научная конференция «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» / ответственные за выпуск: Е.И. Аврунев [и др.] ; Министерство науки и высшего образования РФ, Сибирский государственный университет геосистем и технологий. – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. – DOI: 2618-981X-2019-3-1. – № 1. – С. 30-38. - на англ. яз. – [Электронный ресурс] – режим доступа: [Электронный ресурс \(pdf\)](#)

54. Блам, Ю.Ш. Лесной комплекс в изменяющихся институциональных и экономических условиях / Ю.Ш. Блам, Т.И. Бабенко, Л.В. Машкина // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 5. – С. 197-204. – [Электронный ресурс] – режим доступа: [Электронный ресурс \(Web\)](#)

55. Бобылев, С.Н. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России / С.Н. Бобылев, С.В. Соловьева // Мир новой экономики. Том 14, № 2 (2020) [Электронный ресурс] – режим доступа: https://wne.fa.ru/jour/article/view/271?locale=ru_RU

56. Буйдова, Ю. А. Цели устойчивого развития: формирование позиции ЕС. Планы по реализации и результаты / Ю. А. Буйдова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 21 (311). – С. 439-443. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://moluch.ru/archive/311/70409>

57. Бунецкий, В.А. Технология изготовления поверхностно-остеклованных пеллет – залог создания эффективного пеллетного производства / В.А. Бунецкий, М.В. Бондаренко Вестник Таврийского государственного агротехнологического университета, Том 1, №9, 2019. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42770629_90232827.pdf

58. Бурдин, Н.А. Лесопромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы [Текст] / Н.А. Бурдин, В.М. Шлыков, В.А. Егоров и др. М. : МГУЛ, 2000. 473 с.

59. Братишко, Р.Ф. Техничко-экономические показатели пиролиза древесных отходов / Р.Ф. Братишко, Ю.Г. Соколовская // Природопользование. № 17, 2016. – с. 165-168. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42466372_61260507.pdf

60. Валько, Д.В. Некоторые эффекты перехода к циркулярной экономике / Валько Д.В. // Экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения. Сборник трудов III Всероссийской молодежной научно-практической конференции. Под редакцией С.В. Костюк. 2018. С. 303.1-303.5. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36741129>

61. Валько, Д.В. Развитие экономики совместного использования и ее влияние на экономический рост // Журнал экономической теории. 2021. Т. 18. № 1. С. 56-68. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-1.4>

62. Варанкина, Г.С. Основы комплексной переработки древесного сырья: учебное пособие / Г.С. Варанкина, А. Н. Чубинский. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 60 с. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://spbftu.ru/wp-content/uploads/2018/04/UCH.-POSOBIE-OSNOVY-KOMPLEKSNOJ-PERERABOTKI-DREVESNOGO-SYRYA.pdf>

63. Веприкова, Е.В. Получение органоминеральных удобрений на основе древесной коры / Е.В. Веприкова, С.А. Кузнецова, Н.В. Чесноков, Б.Н. Кузнецов // [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-organomineralnyh-udobreniy-na-osnove-drevesnoy-kory-obzor/viewer>

64. Ветрова, М.А. Обоснование стратегических и операционных решений предприятий в условиях перехода к циркулярной экономике / автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Санкт-Петербург, 2018 .

65. Воронина, А.А. Новые драйверы развития экологического менеджмента: социальное предпринимательство, циркулярная и «шеринг» экономика / Воронина А.А. // Сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов,

студентов и преподавателей по результатам проведения VIII молодежного экологического Конгресса «Северная Пальмира» Материалы конгресса. 2017. С. 363-369. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36658252>

66. Гаркуша, А. Узко, широко и еще шире. Расширенная ответственность производителя – как это работает/ А. Гаркуша // Экология и право. – №72. – 09.2018. – С. 22–23. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://network.bellona.org/content/uploads/sites/4/2015/09/EiP_72_10.pdf

67. Гордеев, Р.В. Конкурентоспособность лесопромышленных комплексов регионов России / Р.В. Гордеев, А.И. Пыжев, Е.В. Зандер // Вестник Томского государственного университета. Экономика, №43, 2018. – С. 65-87.

68. Гордеев, Р.В. Лесопромышленный комплекс Красноярского края: тенденции и перспективы развития / Р.В. Гордеев, А.И. Пыжев, Е.В. Зандер // Региональная экономика: теория и практика, Том 18, № 1(436), 2017. – С. 4-18.

69. Гурьева, М.А. Адаптация и применение бизнес-моделей циркулярной экономики в России / М. А. Гурьева. – Текст : непосредственный // Культура и экология – основы устойчивого развития России. Культурные и экологические императивы современной экономики. Часть 1: материалы Международного форума (Екатеринбург, 13–15 апреля 2020 г.). – Екатеринбург: ООО «Издательство УМЦ УПИ», 2020. – С. 27-31.

70. Гурьева, М.А. Анализ методических подходов к оценке развития циркулярной экономики / М.А. Гурьева // Экономические отношения, Том 9, №4, 2019. – С. 3155-3172.

71. Гурьева, М.А. Разработка и апробация методического инструментария комплексной оценки развития циркулярной экономики // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Том 10. – № 3. – С. 1425-1448. – doi: [10.18334/vinec.10.3.110517](https://doi.org/10.18334/vinec.10.3.110517).

72. Давыдова, Г.В. Динамика мировых лесных пространств и влияющие на нее факторы / Г.В. Давыдова, М.И. Тагиев // Вестник РМАТ. 2019. № 1. С. 49-55.

73. Давыдова, Г.В. Перспективы производства продукции из древесных отходов / Г.В. Давыдова, С.В. Костылева // Евроазиатское сотрудничество. Материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 63-70.

74. Давыдова, Г.В. Технологическая эволюция производств продукции из древесных отходов, их эффективность / Г.В. Давыдова, С.В. Костылева // BAIKAL RESEARCH JOURNAL. Том 8, №4, 2017. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32366294_86162392.pdf

75. Диденко, Н.И. Переход от устаревшей традиционной экономической модели к новой устойчивой модели – циркулярной экономике / Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф., Теплая К.В. // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли. 2018. С. 438-441. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36679281>

76. Долматов, С.Н. Исследование прочности и зольности топливных брикетов из отходов древесного угля, изготовленных на основе различных вяжущих веществ / С.Н. Долматов, А.В. Никончук, М.Ю. Геваргис // Хвойные бореальные зоны, Том 36, №1. 2018. С. 24-27. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34980771>

77. Доможирова, К.А. Совершенствование механизма управления комплексным использованием лесных ресурсов / автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Тюмень, 2015.

78. Дятлов, С.А. Основы концепции устойчивого развития. – М.: ИНФРА-М, 2017. 185 с.

79. Ермоленко, Б.В. Разработка методики оценки топливного, электроэнергетического и теплоэнергетического потенциалов твердого биотоплива из растительных и древесных отходов / Б.В. Ермоленко, А.П. Шуклина, В.П. Шуклина // Успехи в химии и химической технологии, т.34, №11. – 2020. С. 49-52. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44703781>

80. Есипова, О.В. Циркулярная экономика / Есипова О.В., Блажнов Н.М., Сацюк И.А. // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей IV Международной научно-практической конференции. В 2 частях. Ответственный редактор Г.Ю. Гуляев. 2018. С. 107-110. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36620160>

81. Зырянов, М.А. Производство древесной муки из отходов лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств / М.А. Зырянов, В.Э. Дымченко, В.Ю. Швецов, Э.А. Ильязова // СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ. Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2019. – с. 138-141. – [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41555937_40040414.pdf

82. Зырянов, М.А. Переработка древесных отходов в производстве древесно-волокнистых плит / М.А. Зырянов, Н.Г. Чистова, В.А. Швецов, З.З. Зарипов // Вестник КрасГАУ. 2010. №4. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-drevesnyh-othodov-v-proizvodstve-drevesno-voloknistyh-plit>

83. Инвесторы в сфере лесной отрасли Поморья получают новые льготы // Информационный портал программы продвижения лесопромышленного комплекса РФ. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://programlesprom.ru/investor-y-v-sfere-lesnoi-otrasli-pomor-ya-poluchat-novy-e-lgoty/>

84. Каштелян, Т.В. Проблемы и перспективы развития циркулярной экономики России и Беларуси (на основе ресурсов леса) / Т.В. Каштелян, О.Е. Рязанова, В.П. Золотарева // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого, № 2, 2020. С. 100-108. [Электронный ресурс] – режим доступа: [https://mgimo.ru/upload/iblock/0cd/%D0%9A%D0%B0%D1%88%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D0%BD,%20%D0%A0%D1%8F%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20\(1\).pdf](https://mgimo.ru/upload/iblock/0cd/%D0%9A%D0%B0%D1%88%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D0%BD,%20%D0%A0%D1%8F%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20(1).pdf)

85. Киселева, А.А. Кластерные основы и методический инструментальный конкурентного развития регионального лесопромышленного комплекса.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук.
[Электронный ресурс] – режим доступа:
<http://www.psu.ru/files/docs/science/dissertatsionnye-sovety/kiseleva/kiseleva.pdf>

86. Кокина, Ю.М. Актуальность перехода России к модели циркулярной экономики / Кокина Ю.М. // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли. Сборник трудов научно-практической и учебной конференции. 2019. С. 400-404. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39566509>

87. Костылева, С.В. Экономические и экологические аспекты комплексного использования отходов лесопереработки (на примере Иркутской области) / С.В. Костылева // Вестник ОмГУ. Серия: Экономика. 2016. №3. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-i-ekologicheskie-aspekty-kompleksnogo-ispolzovaniya-othodov-lesopererabotki-na-primere-irkutskoy-oblasti>.

88. Кривоногова, А.С. Применение лесоматериалов с заданными характеристиками в строительных конструкциях: исторический ракурс использования // А.С. Кривоногова, Ю.Л. Пушков, В.В. Беспалова, Г.А. Аннаев // Сборник статей по материалам конференции «Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ 2019 года», Санкт-Петербург, 2020. С. 354-363.

89. Кудрявцева, О.В. Циркулярная экономика как инструмент устойчивого развития России / Кудрявцева О.В., Митенкова Е.Н., Солодова М.А. // Экономическое возрождение России. 2019. № 3 (61). С. 115-126. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39547848>

90. Кузминых, Ю.В. Инструменты государственной поддержки инновационного развития лесопромышленного комплекса Российской Федерации / Ю.В. Кузьминых, Е.Н. Попова // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. 2019. №1 (69). [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrumenty->

91. Куркова, А.С. Циркулярная экономика как катализатор развития рынка строительства в современном обществе / Куркова А.С. // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 12-2. С. 52-55. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36775282>

92. Ледницкий, А.В. Методические подходы к оценке эффективности переработки древесного сырья на предприятиях деревообрабатывающей промышленности / А.В. Ледницкий, А.В. Саков // Труды БГТУ, 2018, сери 5, №2, С. 52-56. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-otsenke-effektivnosti-pererabotki-drevesnogo-syrya-na-predpriyatiyah-derevoobrabatyvayuschey/viewer>

93. Липунов, И.Н. Извлечение фенола из сточных вод сорбентами на основе древесных отходов / И.Н. Липунов, А.Ф. Никифоров, И.Г. Первова, Н.О. Толмачева // ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ, ТЕХНОЛОГИИ, УПРАВЛЕНИЕ. №6. 2018. – с. 101-112. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36551839>

94. Литвин, Д.А. Экономика лесной отрасли как объект институциональных преобразований / Д.А. Литвин, Г.В. Давыдова, А.И. Бирюкова // Baikal Research Journal. 2021. Т. 12. № 4.

95. Лобачева Г.К. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки [Текст] : учеб. пособие / Г.К. Лобачева [и др.]. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2005. – 176 с.

96. Лобовиков Т.С. Экономика комплексного использования древесины [Текст] / Т.С. Лобовиков, А.П. Петров. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 168 с.

97. Луговой, Ю.В. Термическая переработка древесных отходов / Ю.В. Луговой, Н.А. Антонов, К.В. Чалов, А.А. Степачова, Ю.Ю. Косивцов, Э.М. Сульман, М.Г. Сульман // БЮЛЛЕТЕНЬ НАУКИ И ПРАКТИКИ Том: 5Номер: 12

Год: 2019. – С. 26-36. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41587508_30428750.pdf

98. Лукаш, А.А. Древесные композиты из древесных отходов / А.А. Лукаш, М. Шелепень // Актуальные проблемы лесного комплекса, №48, 2017. – с. 59-62

99. Маннапов, Р.Г. Современные закономерности, принципы, задачи и механизмы регионального управления / Р.Г. Маннапов, Л.Г. Ахтариева // Вестник Челябинского государственного университета. 2009.-№3 (141), с.47-56;

100. Марченко, О.В. Ресурсы древесных отходов в России и перспективы их использования / О.В. Марченко, С.В. Соломин, А.С. Соломина // ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ. Материалы научно-практической конференции с международным участием. 2020 – С. 73-77.

101. Машукова, Б. Основные принципы цикличной экономики (экономика замкнутого цикла) [Электронный ресурс] / Б. Машукова // European science. — 2016. - No 7(17). - С.14-16. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-printsipy-tsiklichnoy-ekonomiki-ekonomika-zamknutogo-tsikla>

102. Мельник, Л.Г. Социально-экономический потенциал устойчивого развития: учебник / ИТД «Университетская книга»; ред. Л.Г Мельника, Л. Хенса. – 2007.

103. Мерзлякова, Е.А. Циркулярное воспроизводство и экологические инновации в обеспечении устойчивого роста региональной экономики / Мерзлякова Е.А., Колмыкова Т.С. // Регион: системы, экономика, управление. 2019. № 3 (46). С. 104-111. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41271567>

104. Миронов, Г. ООО «ДоК «Енисей» – образцово-показательное предприятие по глубокой переработке древесины / Г. Миронов // Журнал «ЛПК «Сибири» // Миронов Г., 2018 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://lpk-sibiri.ru/investment-projects/ooo-dok-enisej-obraztsovo-pokazatelnoe-predpriyatie-po-glubokoj-pererabotke-drevesiny/>

105. Михайличенко, Т.А. Оценка возможности замены ископаемого топлива на пеллеты из древесных отходов (биотопливо) в условиях Кемеровской области / Т.А. Михайличенко, С.Д. Алшынбаев // ВЕСТНИК СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНДУСТРИАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА - № 3 (29), 2019. С. 25-28

106. Мишенин, Е. Перспективы и механизмы развития «Циркулярной» экономики в глобальной среде [Электронный ресурс] / Е. Мишенин, И. Коблянская // Маркетинг и менеджмент инноваций. – 2017. – №2. – С. 329-343. – [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/318253203_Perspectives_and_mechanisms_of_circular_economy_global_development

107. Морковина, С.С. Инновационные технологии в лесном хозяйстве регионов: экономический аспект / С.С. Морковина, Е.А. Панявина, А.Н. Цепляев / Вестник Академии знаний, №6 (41), 2020. – С.206-215.

108. Морковина, С.С. Организация комплексного использования лесных ресурсов на цифровой основе / С.С. Морковина, А.Н. Топчев // Известия Юго-западного государственного университета, Том 10, №4, 2020. – С. 125-136. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43930268>

109. Нестеров А.К. Экономика замкнутого цикла // Энциклопедия Нестеровых [Электронный ресурс] – режим доступа: http://odiplom.ru/lab/ekonomika_zamknutogo_cikla.html

110. Никольская, В. Перспективы CLT-панелей на российском рынке / В. Никольская // ЛЕСПРОМИНФОРМ, 2018, №8 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5195>

111. Носко, П.А. Тенденции развития экономики замкнутого цикла в Европейском союзе // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2019 №1 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://resources.today/PDF/04ECOR119.pdf>

112. Опара, М.В. Эффективное использование древесных отходов в условиях лесопромышленных предприятий / М.В. Опара, А.С. Черных // «Повышение эффективности управления устойчивым развитием лесопромышленного комплекса» Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г. Ф. Морозова. Редколлегия: Е.А. Яковлева [и др.]. – 2020. с. 294-298

113. Осипенко Н.Д. Внедрение циркулярной экономики в сферу промышленных комплексов / Осипенко Н.Д., Платонова И.С., Есипова О.В. // Вектор экономики. 2017. № 12 (18). С. 26. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32317854>

114. Пастори, З. Состояние и перспективы использования древесной коры / З. Пастори, Г.А. Горбачева, В.Г. Санаев, И.Р. Мохачине, З. Борчони // Лесной вестник / Forestry bulletin, 2020. Т.24. №5. С. 74-88. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-ispolzovaniya-drevesnoy-kory/viewer>

115. Пахомова, Н. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития [Электронный ресурс] / Н. Пахомова, К. Рихтер, М. Ветрова // Вестник Санкт-петербургского университета. Экономика. – 2017. - №5. – С. 244-268. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/perehod-k-tsirkulyarnoy-ekonomike-i-zamknutym-tsepyam-postavok-kak-faktor-ustoychivogo-razvitiya>

116. Поконов, А.А. Вопросы стратегического управления технологическим развитием отечественной промышленности / А.А. Поконов, Г.П. Беяков, А.А. Поконов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. Аналитика Родис, Том 3, №12А 2018. – С. 286-291. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37334581>

117. Поликарпова Л.П. Refurbish, repurpose, remanufacture: как практики циркулярной экономики воспринимаются в современном российском обществе / Поликарпова Л.П., Яблокова А.М., Сарбаева И.Ю. // Экология: вчера, сегодня,

завтра. Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 398-403. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41421707>

118. Полянская, О.А. Общая характеристика текущей экономической ситуации ЛПК России и перспективы развития / О.А. Полянская, А.Е. Михайлова, А.А. Тамби // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Современные машины, оборудование и it-решения лесопромышленного комплекса: теория и практика». Воронеж, 2021. – С.101-106. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46628341>

119. Полянская, О.А. Эффективность создания безотходного производства на предприятии производства пеллет / О.А. Полянская, В.В. Беспалова // Журнал прикладных исследований. ООО «Университет дополнительного профессионального образования». Том 2, №3, 2021. – С. 46-51.

120. Полянская, О.А. Развитие лесопромышленного комплекса Российской Федерации: проблемы и перспективы / О.А. Полянская, А.А. Тамби, А.Е. Михайлова // Петербургский экономический журнал, №4, 2020. – 65-74. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44486703>

121. Полянская О.А. Экологизация производства как основа конкурентоспособности предприятий лесопромышленного комплекса / О.А. Полянская, А.Е. Михайлова, В.В. Засенко // Петербургский экономический журнал, №3, 2017. – 76-84. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30095278>

122. Потравный, И.М. Формализация общей модели зеленой экономики на региональном уровне / И.М. Потравный, А.Л. Новоселов, И.Б. Генгут // Экономика региона. 2016. №2. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/formalizatsiya-obschey-modeli-zelenoy-ekonomiki-na-regionalnom-urovne>

123. Пыжев, А.И. Исследования экономики лесного комплекса России: билиометрический анализ / А.И. Пыжев // TERRA ECONOMICUS, Том 19, №1, 2021. – С. 63-77.

124. Пыжев, А.И. Инфраструктурные ограничений развития лесозаготовительной деятельности / А.И. Пыжев // Монография «Инфраструктура пространственного развития РФ, 2020. – С. 166-176.

125. Рафаилов, М.К. Базовые параметры экономической модели стратегического планирования лесного комплекса / М.К. Рафаилов, С.С. Морковина. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, Том 8, №3(50), 2020. – С.129-136.

126. Рубинская, А.В. К вопросу использования вторичных древесных ресурсов в производстве ДВП / А.В. Рубинская, Н.Г. Чистова, А.П. Чижов // SCIENTIFIC RESEARCH AND THEIR PRACTICAL APPLICATION. MODERN STATE AND WAYS OF DEVELOPMENT, 2013. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://sworld.education/konfer32/595.pdf>

127. Салтыкова Ю.А. Повышение уровня использования древесных ресурсов лесосырьевого региона / автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Иркутск, 2009.

128. Саушева О.С. Мониторинг эффективности рециклинга: задачи и организация / О.С. Саушева // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент, №4 – 2017. С. 102-109. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/17301.pdf>

129. Сергиенко, А.В. Обзор новинок в области разработки теплоизоляционных материалов из древесных отходов / А.В. Сергиенко, И.В. Яцун // Проблемы науки. №1 (25), 2018. – с. 12-13

130. Сергиенко, О. Основы теории эко-эффективности: монография [Электронный ресурс] / под Ред. О. Сергиенко, Х. Рона. – 2004. – 223 с. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Basics_EcoEfficiency_ru.pdf

131. Соболев, А.А. Концептуальный подход и его применение к исследованию систем управления / А.А. Соболев // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018002053>)

132. Соколова, Ю.А. Инновации в экологичные изделия из древесины – наш шанс на зеленое будущее / Ю.А. Соколова, В.В. Беспалова // Проблемы и перспективы устойчивого развития промышленности в XXI веке: от теории к практике, С-Пб, 2021. С. 96-98.

133. Сочеева В.Е. Циркулярная модель экономики как новый подход к проблеме устойчивого развития / Сочеева В.Е. // Экономика и бизнес: теория и практика. 2018. № 7. С. 122-124. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35347440>

134. Степанов, В.В. Разработка метода получения теплоизоляционно-конструкционного материала из древесных и пластмассовых отходов / В.В. Степанов, Ф.Ф. Шаяхметов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Том: 2Номер: [4-3 \(9-3\)](#) Год: 2014. – с. 311-314. – [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22501817_61730172.pdf

135. Судакова И.Г., Руденко Н.Б. Получение твердых биотоплив из растительных отходов (обзор) // Журнал СФУ. Химия. 2015. №4. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-tverdyh-biotopliv-iz-rastitelnyh-othodov-obzor>

136. Тамби, А.А. Развитие циркулярной экономики в России: рынок биотоплива / А.А. Тамби, С.С. Морковина, И.В. Григорьев, В.И. Григорьев // Лесотехнический журнал, Том 9, № 4 (36), 2020 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/34631/view>

137. Тамби, А.А. Потенциал производства биотоплива в России / А.А. Тамби, О.А. Полянская, И.А. Черноградская // Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с

международным участием «Повышение эффективности использования лесного комплекса. Петрозаводск. – 2021. – С. 184-186. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47156161>

138. Тамбовцева, Т.Т. Циркулярная экономика: тенденции и перспективы развития в Латвии / Т.Т. Тамбовцева // Международная конференция Санкт-Петербург, 26-27 февраля 2019 г. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://unecon.ru/sites/default/files/tambovceva_t.pdf

139. Теплая, К.В. Разработка методики оценки эффективности циркулярных проектов и обзор реализующихся программ в области циркулярной экономики / Теплая К.В., Конахина Н.А. // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием, лучшие доклады. Санкт-Петербург, 2019. С. 398-402. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41756981>

140. Тимофеева, С.С. Композиционное топливо на основе торфа и древесных отходов / С.С. Тимофеева, С.И. Исламова, Д.В. Ермолаев // ТРУДЫ АКАДЕМЭНЕРГО. - №2 (57), 2019. – с. 122-132.

141. Тооде, И.И. Экологические проблемы при утилизации древесных отходов и пути их решения / И.И. Тооде, С.А. Черникова // ВЕСТНИК ЛУГАНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ. № 8 (38), 2020, с. 146-150

142. Углубленный анализ количественного анализа экономики замкнутого цикла — краткая версия. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://unece.org/sites/default/files/2021-05/ECE_CES_2021_8-2104744R.pdf

143. Фахреев, Н.Н. Моделирование газификации древесных отходов и сжигания синтез-газа в теплогенераторе / Н.Н. Фахреев, А.В. Демин //Актуальные вопросы современной науки и практики Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. 2019. – с. 70-74. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_42339262_54822518.pdf

144. Филичкина, М.В. Комплексное вторичное использование древесных отходов в условиях нижнего лесного склада / М.В. Филичкина, Р.П. Курдюков, Р.А. Фролов // Актуальные направления научных исследований, Том 2, №2-3(7-3), 2017. – С.155-159

145. Халиков, Д.А. Классификация теплоизоляционных материалов по функциональному назначению / Д.А. Халиков // Фундаментальные исследования. Академия естествознания, 2017. – С.691-702.

146. Храмова, Л.Н. Экономико-экологическая оценка направлений комплексной переработки вторичного древесного сырья на деревоперерабатывающем предприятии / автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук, Красноярск, 2007

147. Хрусталева, Б.М. Твердое топливо из углеводородсодержащих, древесных и сельскохозяйственных отходов для локальных систем теплоснабжения / Б.М. Хрусталева, А.Н. Пехота // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Том 60, №2, 2017 – с. 147-158.

148. Циркулярная экономика на уровне города. Информационные материалы. 2021 [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.ecoprofi.info/docs/circular_economy_at_the_city_level_ru_2021.pdf

149. Цыгарова, М.В., Производство строительных материалов из отходов деревоперерабатывающего предприятия / М.В. Цыгарова // ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА - ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК, Том 20, №3, 2016. – С. 90-94.

150. Чевез, Ф.К. Формирование экономического механизма привлечения инвестиций в проекты комплексного освоения техногенных месторождений / Ф.К. Чевез // Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. – Москва, 2020 – 191с.

151. Чомаев, Ф.Т. Зарубежный опыт формирования экспортоориентированных лесопромышленных комплексов / Ф.Т. Чомаев // Вестник университета № 11, 2017. – С. 72-78.

152. Шибека Д.А. Модифицированные сорбенты на основе древесных отходов для извлечения тяжелых металлов из сточных вод / Д.А. Шибека, М.А. Протас //Труды Кольского научного центра РАН. Том 11, номер 3-4, 2020. – с. 223-226. [Электронный ресурс] – режим доступа:

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44514392_74694039.pdf

153. Шимова О.С. Бизнес-модели циркулярной экономики как инструменты реализации «зеленого» развития / Шимова О.С. // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании. Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 112-летию РЭУ им. Г. В. Плеханова. Под редакцией В. И. Ресина. 2019. С. 298-303. [Электронный ресурс] – режим доступа:

<https://elibrary.ru/item.asp?id=37238151>

154. Шишацкий Н.Г. Модернизация лесопользования и лесопромышленного производства на принципах устойчивого развития / Н.Г. Шишацкий, Р.В. Гордеев, В.М. Кобалинский, А.И. Пыжев // Структурная модернизация как фактор повышения конкурентоспособности региона (на примере Красноярского края), 2020. – С.136-189. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43935981&selid=44062071>

155. Шишмарёва, А.В. Концептуальный подход к развитию лесопромышленного комплекса региона на основе концепции циркулярной экономики / А.В. Шишмарёва // Бизнес. Образование. Право. 2021. – № 4 (57). – С. 107-112

156. Шишмарёва, А.В. Реализация принципов циркулярной экономики в лесопромышленном комплексе региона / А.В. Шишмарёва // Экономика, предпринимательство и право. – 2021. – Том 11. – № 8. – С. 2077-2090. – doi: 10.18334/epp.11.8.113401

157. Шишмарёва, А.В. Показатели оценки результативности концепции циркулярной экономики в лесопромышленном комплексе / А.В. Шишмарёва, А.А. Кузнецов, С.И. Сенашов // Региональная экономика и управление: электронный

научный журнал. ISSN 1999-2645. – №4 (68). Номер статьи: 6835. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://eee-region.ru/article/6835/>

158. Шишмарёва, А.В. Модель циркулярной экономики лесопромышленного комплекса региона / А.В. Шишмарёва, Г.Я. Белякова // Всероссийский научно-аналитический журнал «Финансовая экономика», №12-1. – 2021. – С. 110-114.

159. Шишмарёва, А.В. Сравнительная оценка моделей циркулярной экономики / Е.Е. Моисеева, А.В. Шишмарёва // Всероссийский научно-аналитический журнал «Финансовая экономика», №3. – 2021. – С. 183-185

160. Шишмарёва, А.В. «Дорожная карта» как инструмент стратегического планирования лесопромышленного комплекса Красноярского края / А.В. Шишмарёва, Е.Е. Моисеева // Экономика устойчивого развития, 2019, № 38. – с. 189-192.

161. Шишмарёва, А.В. Методологии проведения Форсайт-исследований в лесопромышленном комплексе и способы их комбинирования / А.В. Шишмарёва, Е.Е. Моисеева // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Экономика и право». – № 9, 2018. – С. 33-38.

162. Шишмарёва, А.В. Модель экономики замкнутого цикла на примере лесопромышленного комплекса региона // А.В. Шишмарёва, Е.Е. Моисеева // Современные проблемы и тенденции развития экономики и управления бизнес-процессами : материалы I Региональной науч.-практ. конф. (18 декабря 2019 г., Красноярск). – Красноярск, 2020. – с. 91-95.

163. Шишмарёва, А.В. Принципы экономики замкнутого цикла / Г.Я. Белякова, А.В. Шишмарёва // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки [Электронный ресурс] : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (23–24 апреля 2020 г., Красноярск). – СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2020. – С 758-760.

164. Шишмарёва, А.В. Отраслевые особенности устойчивого развития лесопромышленного комплекса Красноярского края / А.В. Шишмарёва, Е.Е.

Моисеева // Менеджмент социальных и экономических систем. 2019. – No 2. С. 5-10.

165. Шишмарёва, А.В. Применение метода «Дорожные карты» при разработке плана стратегического развития лесопромышленного комплекса / А.В. Шишмарёва, Е.Е. Моисеева // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Всероссийская научно-практическая конференция (с международным участием). Сборник статей студентов, аспирантов и молодых ученых. Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2018, – С. 521-524.

166. Шишмарёва, А.В. Форсайт-исследование стратегических направлений развития лесопромышленного комплекса России / А.В. Шишмарёва, Е.Е. Моисеева // Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции 25 - 26 апреля 2018 г. «Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития». – Красноярск, СибГУ им. М.Ф. Решетнёва, 2018 г. – С. 24-28.

167. Шишмарёва, А.В. Методические подходы к формированию стратегии развития лесопромышленного комплекса / А.В. Шишмарёва, Е.Е. Моисеева // Актуальные проблемы лесного комплекса. Под общей редакцией Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов. Выпуск 53 - Брянск. БГИТУ, 2018 - С. 185-189.

168. Шишмарёва, А.В. Форсайт в стратегическом планировании лесопромышленного комплекса [Текст] / А.В. Шишмарёва, Е.Е. Моисеева // Международная научно-практическая Интернет-конференция «Экономика и эффективность организации производства». Сборник научных трудов под общей редакцией Е.А. Памфилова, выпуск 26, 2017. С. 21-24.

169. Шишмарёва, А.В., Применение форсайт-технологий в стратегическом планировании лесопромышленного комплекса / А.В. Шишмарёва, Е.Е. Моисеева // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Всероссийская научно-практическая конференция (с международным участием). Сборник статей студентов, аспирантов и молодых ученых. Красноярск: СибГУ, 2017, С.771-773.

170. Эскин, В.Д. Применение коры после экстрактивной обработки в производстве композита на минеральном вяжущем / В.Д. Эскин, М.М. Курбонов, О.А. Усольцев // Лесозэксплоатация и комплексное использование древесины, 2021. – С.301-304.

Иностранные источники

171. Aleksandr Vititnev, Roman Marchenko, Anastasiya Rubinskaya, and Anna Shishmareva Моделирование процесса внутреннего вторичного использования материала на предприятии по производству древесноволокнистых плит как инструмент экономической и экологической оценки Material Production BioResources 16(4), 2021. P. 6587-6598. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/issue/view/103>

172. Aline Sacchi Homrich, Graziela Galvão, Lorena Gamboa Abadia, Marly M. Carvalho The Circular Economy Umbrella: Trends and Gaps on Integrating Pathways // Journal of Cleaner Production. – 2017. – № 20. – С. 525-543. – doi: 10.1016/j.jclepro.2017.11.064.

173. Bartunek, Robert-Jan Brussels brewer uses leftover bread to make beer April 17, 2015 // Reuters. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.reuters.com/article/us-belgium-beer-bread/brussels-brewer-uses-leftover-bread-to-make-beer-idUSKBN0N80OF20150417>

174. Belyakova G.Y. Mikhailova S.V. Latynina A.V. Potential Growth of Added Value in the Conditions of Technical and Technological Renewal of the Region's Industries. 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science, ISTCEarthScience 2020 DOI: [10.1088/1755-1315/666/6/062053](https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/6/062053) [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/666/6/062053>

175. Boulding K. The economics of the coming spaceship earth. Arachnid. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://arachnid.biosci.utexas.edu/courses/THOC/Readings/Boulding_SpaceShipEarth.pdf.

176. Brais Suarez-Eiroaa, Emilio Fernandez, Gonzalo Mendez-Martínezb, David Soto-Onate Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice // Journal of Cleaner Production. – 2019. – С. 952-961. – doi: 10.1016/j.jclepro.2018.12.271.

177. Circularity Indicators: An Approach to Measuring Circularity. Methodology. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators-Project-Overview-May2015.pdf>

178. D'Amato D. et al. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues // Journal of Cleaner Production. – 2017. – № 1. – С. 716-734. – doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.053.

179. EU Resource Efficiency Scoreboard 2015. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/targets_indicators/scoreboard/pdf/EU%20Resource%20Efficiency%20Scoreboard%202015.pdf

180. Eikeland S., Eythorsson E., Ivanova L. From Management to Mediation: Local Forestry Management and the Forestry Crisis in Post-Socialist Russia//Environmental Management. - Vol. 33, №3. - pp.285-293. (0,5 п.л.)

181. Geng Y., Fu J., Sarkis J., Xue B. Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis // Journal of Cleaner Production. – 2012. – № 23. – p. 216-224

182. Heel, P. Madaster: bouwsteen voor circulaire economie. 7 Jun. 2017 ABN AMRO. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://insights.abnamro.nl/2017/06/madaster-bouwsteen-voor-circulaire-economie/>

183. Jia C., Zhang J. Evaluation of Regional Circular Economy Based on Matter Element Analysis // Procedia Environmental Sciences. – 2011. – № 11. – p. 637– 640.

184. Julian Kirchherr, Denise Reike, Marko Hekkert Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions // Resources, Conservation and Recycling. – 2017. – С. 221-232. – doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005.

185. Martijn Burger, Spyridon Stavropoulos, Shyaam Ramkumar, Joke Dufourmont, Frank van Oort The heterogeneous skill-base of circular economy employment // Research Policy. – 2019. – № 1. – С. 248-261. – doi: 10.1016/j.respol.2018.08.015.

186. Murray, A. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context [Electronic resource] / A. Murray, K. Skene, K. Haynes. – 2015. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>

187. Neverov A. V., Baranchik V. P. Criteria and indicators of economic efficiency of processing of wood materials. Trudy BGTU [Proceedings of BSTU], series VII, Economics and Management, 2006, issue XIV, pp. 140–142

188. Peters, A. This Brewery Is Designed As A Model For The Circular Economy. //Fast Company 28.02.2018. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.fastcompany.com/40536868/this-brewery-is-designed-as-a-model-for-the-circular-economy>

189. Saastamoinen, O. Is the use of forest berries for poverty mitigation a relevant issue in an affluent society such as Finland / O. Saastamoinen, C. Lacuna-Richman, M. Vaara // Non-wood forest products and poverty mitigation: concepts, overviews and cases Proceedings of a project workshop in Krakow 2004. – Krakow: University of Joint Research Notes 166, - 2005. – P. 59-72.

190. Shishmareva A.V. Economic assessment of effective logging conditions / II International Conference on Economic and Social Trends for Sustainability of Modern Society // E.A. Voronina, T.O. Ivanova, E.E. Moiseeva, A.V. Rubinskaya, A.V. Shishmareva. - 2021. p. 2225-2235. Doi: 10.15405/epsbs.2021.09.02.248

191. Shishmareva, A.V. Complex Processing Assessment Of Wood Waste Of The Krasnoyarsk Region Forestry Complex / E.E. Moiseeva, A.V. Shishmareva // The European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS, 2020, p. 258-268 [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.europeanproceedings.com/files/data/article/10005/11350/article_10005_11350_pdf_100.pdf

192. Shishmareva, A.V. Realization of the sustainable development principles in strategic planning of timber industrial complex / A.V. Shishmareva, E.E. Moiseeva, A.V. Shumakova // сборник статей по материалам XVIII Международной научной конференции «Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации», 2019. – с.387-389.

193. Smithers, R. Raise a toast! New beers made from leftover bread help to cut food waste // The Guardian. 28 Apr. 2018. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2018/apr/28/new-beers-made-from-leftover-bread-marks-and-spencer-adnams>

194. Torniainen, T. Northwest Russian forestry in a nutshell. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 30, 2006 – 98 p.

195. The Raw Materials Scoreboard is part of the monitoring and evaluation strategy for the European Innovation Partnership (EIP) on Raw Materials. [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/117c8d9b-e3d3-11e8-b690-01aa75ed71a1>

196. Zuckerman, J. Machinery Link: Where Uber meets agriculture // The Northern Virginal Daily. Jun. 23, 2016. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.nvdaily.com/news/local-news/2016/06/hold-machinery-link-solutions-where-uber-meets-agriculture/>

Web-ресурсы:

197. Веб-сайт «На пути к экономике замкнутого цикла» [Электронный ресурс] – режим доступа: https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_en .

198. Веб-сайт «Европейский зеленый курс» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://ec.europa.eu/info/node/123797>

199. Веб-сайт «Дорожная карта Финляндии по развитию экономики замкнутого цикла 2.0» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.sitra.fi/finlandsroadmap>

200. Сайт «CIRCWASTE: продвижение Финляндии к экономике замкнутого цикла» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.materiaalitkiertoon.fi/en-US>
201. Сайт «Экономика замкнутого цикла» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.government.nl/topics/circular-economy>
202. Веб-сайт «Ноль пластмассовых отходов: действия Канады» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-reducing-waste/zero-plastic-waste/canada-action.html>
203. Веб-сайт «Национальное соглашение о сырье» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.government.nl/latest/news/2017/01/25/more-than-180-signatories-for-the-national-raw-materials-agreement>
204. Веб-сайт «Система мониторинга экономики замкнутого цикла ЕС» – [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators/monitoring-framework>
205. Фонд Эллен МакАртур [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>
206. Веб-сайт «Ассоциация кластеров, технопарков и ОЭЗ России» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://akitrf.ru/>
207. Roadmap to a Resource Efficient Europe, 2011. European commission, pp: 26 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2011-571-roadmap-to>
208. Веб-сайт Кроношпан [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://ru.kronospan-express.com/ru>
209. Веб-сайт: Национальная энциклопедическая служба [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://terme.ru/termin/princip.html>
210. Веб-сайт A Sustainable Europe by 2030. [Электронный ресурс] – режим доступа: https://ec.europa.eu/info/publications/reflection-paper-towards-sustainable-europe-2030_en

211. Веб-сайт Европа-2030: рамочная программа Европейского союза по исследованиям и технологическому развитию [Электронный ресурс] [Электронный ресурс] – режим доступа: [https://mgimo.ru/upload/iblock/1f6/%D0%98%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B3%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9E%D0%B1%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%2011%20\(334\)%202017-51--61.pdf](https://mgimo.ru/upload/iblock/1f6/%D0%98%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B3%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9E%D0%B1%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%2011%20(334)%202017-51--61.pdf)

212. Веб-сайт Origin green. Five companies using waste products in surprising ways. January 23 2017 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://greenbusiness.ie/five-companies-using-waste-products-in-surprising-ways-2/>

213. Веб-сайт Зеленый новый курс [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://ru.technocracy.news/%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82-%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9-%D1%81%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%BA%D0%B8-AOCS-Green/>

214. Веб-сайт DSM. Press Releases: Circular Economy. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.dsm.com/corporate/generic/information-center.offset.0.filter-markets.ZHNtLXByZXNzLXJlbGVhc2VzOnN1c3RhaW5hYmlsaXR5L2NpcmN1bGFyLVVjb25vbXk=.html>

215. Веб-сайт SITRA. The most interesting companies in the circular economy in Finland. 28 dec. 2017. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.sitra.fi/en/projects/interesting-companies-circular-economy-finland/>

216. Веб-сайт Ikea (2017) Taking steps to create a circular IKEA. Step one: Making the most of waste [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://highlights.ikea.com/2017/circular-economy/>

217. Веб-сайт: Вторичное сырье [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.nowaste.ru/recycling/drevesnye-othody.html>

218. Веб-сайт Гид по дереву [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://drevogid.com/materialy/pererabotka-othodov.html>

219. Веб-сайт: Микспеллеты из недревесного сырья [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=4672>
220. Веб-сайт: ООО «ДоК «Енисей» – URL: <http://dok-enisey.ru/production>
221. Веб-сайт компании Zebra [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.zebra.com/ru/ru/cpn/circular-economy.html>
222. Веб-сайт Экспериментальная диаграмма Сэнки для отображения материальных потоков для Европейского союза [Электронный ресурс] – режим доступа: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/sankey/circular_economy/sankey.html
223. Веб-сайт: Записки маркетолога [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.marketch.ru/marketing_dictionary/je/ekspertnaya_otsenka/
224. Веб-сайт LESPT. Промышленное оборудование [Электронный ресурс] – режим доступа: https://www.v-hold.ru/katalog/mini_zavody/zavody_po_proizvodstvu_mdf/liniya-dlya-izgotovleniya-dvp-i-hdf-ot-80-000-m3-v-god/
225. Веб-сайт «Pandia» [Электронный ресурс] – режим доступа: https://pandia.ru/user/publ/23054-Minizavod_pererabotki_hvoi_v_kormovuyu_dobavku
226. Веб-сайт «ЭЛП Групп» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://energolesprom.ru/poleznye-stati/biougol/>
227. Веб-сайт Журнал «ЛЕСПРОМИНФОРМ». [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1329>
228. Веб-сайт «GUTEX» [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.gutex-russland.ru/tehnologiya-proizvodstva>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А – Анализ размещения предприятий ЛПК Красноярского края в разрезе видов деятельности

Наименование предприятия лесопрмышленного комплекса	Виды продукции	Виды деятельности							
		Лесозаготовка	Лесопильное производство	Деревообрабатывающие производства	Биоэнергетика	Деревянное домостроение и КДК	Мебельное производство	Производство древесных плит	ЦБП
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MALTATWOOD (ООО «Сиблес Проект»), г.Красноярск	Пиломатериалы, погонажные изделия, древесные пеллеты	+	+		+				
АО «КЛИМ Ко», г. Красноярск	Пиломатериалы, щепы, погонажные изделия, клееный брус, мебельный щит, дома из клееного бруса	+	+	+		+			
ООО «КрасЛес», г. Красноярск	Пиломатериалы, погонажные изделия, шпалы.	+	+	+					
ООО «Краслента», г. Красноярск	Гофротара								+

Продолжение таблицы А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АО «Краслесинвест», г. Красноярск	Пиломатериалы, погонажные изделия, мебель из массива, древесные пеллеты	+	+		+		+		
ПАО «Красноярский деревообрабатывающий комбинат», г. Красноярск	Пиломатериалы, ДСтП	+	+					+	
ГПКК «Красноярсклес», г. Красноярск	Пиломатериалы	+	+						
ООО «Крафтлайн», г. Красноярск	Гофротара								+
ООО ПК «Мастер», г. Красноярск	Пиломатериалы, столярные изделия, малые архитектурные формы, детские площадки		+	+		+			
ООО УК «Мекран», г. Красноярск	Оконные и дверные блоки, корпусная мебель			+			+		
ООО «ДОК «Енисей», Березовский район, пгт Березовка	Пиломатериалы, древесные топливные брикеты	+	+		+				
ООО «Красфан», г.Сосновоборск	Фанера			+					
ООО ПКФ «СибВуд», Емельяновский район, п. Шуваево	Пиломатериалы, погонажные изделия, мебельный щит, дома из оцилиндрованного бревна, профилированного бруса		+	+		+			

Окончание таблицы А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ООО «Рассвет-Лес», Бирилюсский р-н, п. Рассвет	Продукция лесозаготовок, пиломатериалы	+							
АО «Лесосибирский ЛДК №1», г. Лесосибирск	Пиломатериалы, погонажные изделия, мебель из массива, ДВП		+	+			+	+	
ЗАО «Новоенисейский ЛХК», г. Лесосибирск	Пиломатериалы, погонажные изделия, ДВП, MDF, древесные пеллеты	+	+	+	+			+	
ООО «Ангара Лес», г. Козьмодемьянск	Пиломатериалы		+						
ООО «Карат-лес», г. Козьмодемьянск	Пиломатериалы	+	+						
ООО «Приангарский ЛПК», г. Козьмодемьянск	Пиломатериалы, погонажные изделия, древесные уголь, топливные брикеты	+	+		+				
Итого		10	16	8	5	3	3	3	2

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

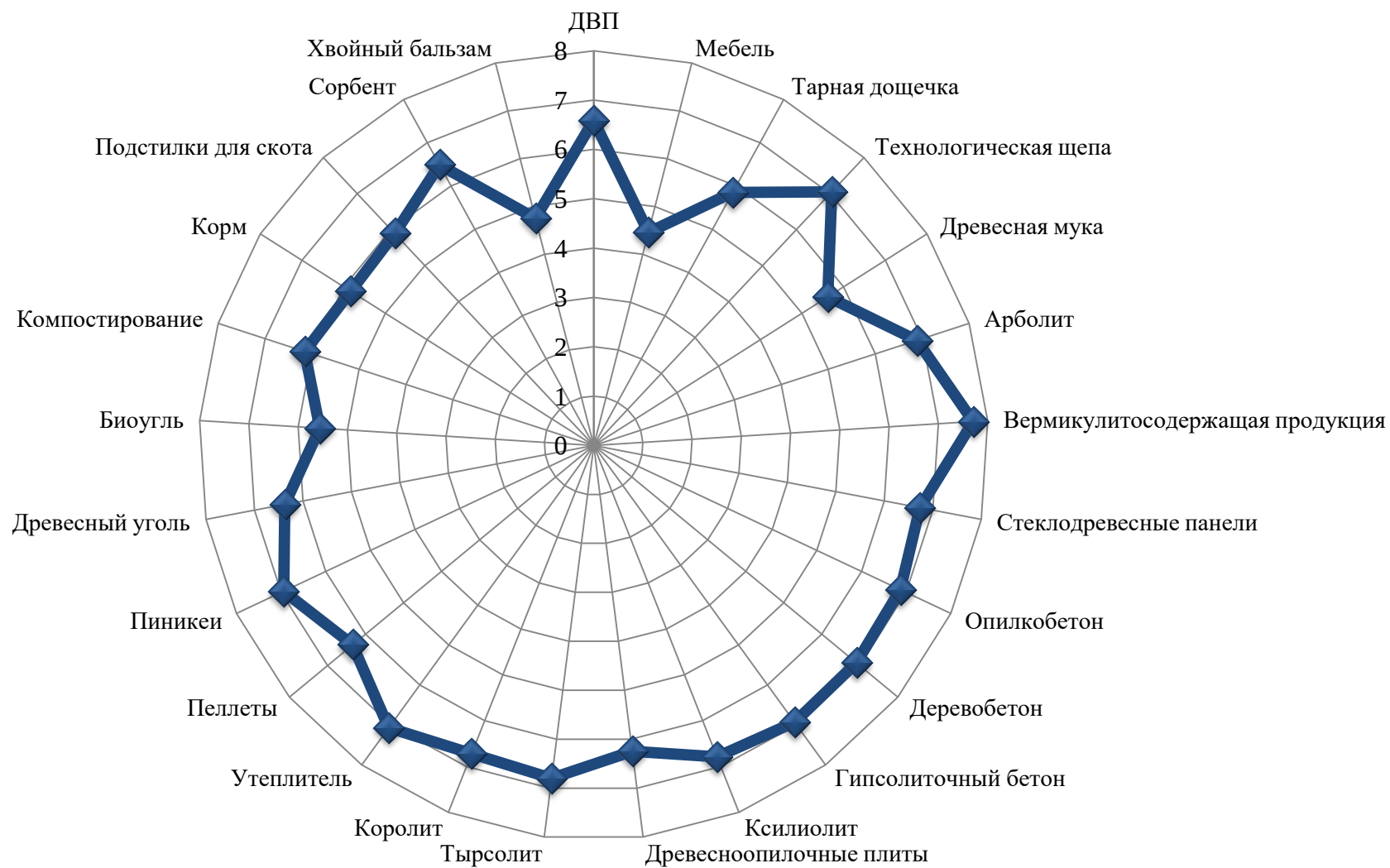


Рисунок Б – Оценка возможности внедрения направлений циркулярной переработки отходов в производственный цикл

ООО «ДоК «Енисей»

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В – Оценка отдельных направлений эффективного и рационального использования древесных отходов на примере ООО «ДоК «Енисей»

Наименование показателя	Схемы комбинирования технологий использования древесных отходов					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
Стоимостные критерии						
Выход готовой продукции с 1 м ³ древесных отходов (У _{во}), руб./м ³ ;	7268,08	8582,13	7468,41	1527,16	2841,20	1727,49
Удельный экологический ущерб, (У _{эк}), руб./га.	563,00	563,00	563,00	563,00	563,00	563,00
Относительные критерии						
Уровень переработки вторичного сырья, (У _с), %;	91,44	91,44	91,44	91,44	91,44	91,44
Удельный вес продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции деревообработки, (Д _{по}), %;	15,08	17,33	15,43	3,60	6,49	4,05
Удельный вес инновационных видов продукции из древесных отходов в общем объеме производства продукции деревообработки, (Д _{пи}), %;	14,94	17,33	14,87	3,44	6,49	3,42
Удельный вес добавленной стоимости (У _{дс}), %	55,15	56,86	55,03	44,67	54,67	45,37

Окончание таблицы В

1	2	3	4	5	6	7
Эффективность инвестиционного проекта						
Объем инвестиций, необходимый для внедрения предложенного направления, (И), тыс. руб.;	15630	18700	15800	16930	20000	17100
Чистый дисконтированный доход, (NPV), тыс. руб.;	370437,11	437167,02	380908,30	64189,72	130919,63	74660,91
Прирост чистой прибыли от реализации продукции (ΔЧП), тыс. руб.	32684,77	38157,84	33107,63	6154,83	11627,90	6577,69
Уровень затрат на рубль продукции, (У _з), руб./руб.	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93
Удельный вес транспортных расходов (У _{тр}), %	1,54	1,31	1,50	7,28	3,92	6,41
Производительность труда (ПТ), тыс.руб./чел.	3912,31	4018,95	3928,57	3446,42	3553,06	3462,68
Уровень эффективности вторичной переработки ресурсов ООО «ДоК «Енисей»	30,16	25,21	29,83	27,84	23,57	27,57