А. М. Кряжев

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ОСНОВА РАЗВИТИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ В XXI ВЕКЕ

Санкт-Петербург, 2020

А. М. Кряжев

Наилучшие доступные технологии – основа развития целлюлозно-бумажной промышленности и лесопромышленного комплекса России в XXI веке

На основании выводов учёных и практиков сформулированы основные принципы организации хозяйственной деятельности человека, обеспечивающие сохранность лесов для будущих поколений и эффективное развитие лесных регионов, за счёт внесения предлагаемых поправок в Лесной кодекс и реализации наилучших доступных технологий во всех сферах деятельности лесопромышленного комплекса (ЛПК).

Причина низкого вклада в валовый внутренний продукт (ВВП) страны, экспортного потенциала ЛПК, и отсутствие строительства в лесных регионах новых предприятий – уход государства от управления лесной отраслью, и делегирование этих полномочий бизнесу, который привёл лесной комплекс к стагнации. Расчётами по данным ставки попенной платы показана величина дотации государства ЛПК с 2001 года по настоящее время, которая оценивается порядка 42 млрд долл. США или 2,2 млрд долл. США в год.

Рассмотрены основные нормы, которые необходимо внести в Лесной кодекс для жёсткой регламентации ведения бизнеса только на основе наилучших доступных технологий (НДТ). Для неукоснительного соблюдения нового Лесного кодекса государство должно принять жесткие и однозначно трактуемые законодательные акты.

Дана оценка закрытию Байкальского ЦБК. Прослежено влияние завода во время его функционирования на состояние воды. Подчеркнуто, что экологическая обстановка на Байкале не улучшилась, а превратилась в угрожающую из-за оставленной без присмотра промышленной площадки бывшего завода.

Проведена оценка экономической эффективности развития перспективных лесных регионов на основе неистощительного лесопользования. Показано, что чисто целлюлозное производство имеет выручку в 1,5 раза меньше, чем выручка лесохимических производств, работающих на принципах НДТ. Неистощительное лесопользование экономически целесообразно, если перерабатывать всю биомассу дерева «на месте» в кооперации малых и средних предприятий лесного кластера, сохраняя лесной ландшафт на всей территории региона. Это путь развития лесных регионов России и сохранение жизни лесов.

Дана оценка масштаба задач, требующих изменений как на законодательном уровне, так и в части технологической платформы производства на основе НДТ в каждом производственном звене. Требуется объединение ресурсов страны на уровне национального проекта «Лесная кладовая России», который неосуществим без организующей и управляющей роли государства.

Книга предназначена для широкого круга читателей, которых интересуют вопросы развития лесных регионов и сохранения жизни лесов. Достижение такого баланса взаимно исключающих интересов возможно за счёт реализации в повседневной жизни современных наилучших доступных технологий, о которых и рассказано в книге. Книга представит интерес для инженеров-экологов, руководителей и представителей органов исполнительной власти и надзорных органов.

ISBN 978-5-6043464-6-4 © Кряжев Анатолий Максимович, 2020

Содержание

1 Обзор состояния целлюлозно-бумажной отрасли в лесопромышленном комплексе России в начале XXI века 5

2 Структура работы лесопромышленного комплекса России и причины низкого вклада ЛПК в ВВП РФ и в мировой лесной бизнес 7

3 Наилучшие доступные технологии ведения лесного хозяйства и лесной промышленности 9

4 Лесное хозяйство РФ 12

4.1 Основные положения 12

4.2 Ведение лесного хозяйства России от Петра до настоящего времени (исторические параллели и выводы) 14

4.3 Ведение лесного хозяйства в Скандинавии и России 20

5 Лесозаготовка 23

5.1 Основные показатели 23

5.2 Современное состояние лесозаготовки 23

5.3 Структура себестоимости древесного сырья 24

5.4 Затраты на строительство лесных дорог в себестоимости древесного сырья 26

5.5 Конкурентоспособность российского леса определена государством, но не хозяйствующими субъектами 27

5.6 Смешанные леса России и задачи рационального использования пород древесины на стадии заготовки лесосырья и его транспортировки до потребителя 28

6 Механическая переработка древесины 29

7 Химическая переработка древесины 31

7.1 Целлюлозно-бумажная промышленность мира 31

7.2 Целлюлозно-бумажная промышленность России. Основные положения 32

7.3 Структура производственных мощностей в ЦБП 34

7.4 Примеры организации перехода зарубежных предприятий на НДТ 36

7.5 Проблемы перехода на НДТ для предприятий в нашей стране 36

7.6 Ассортимент товарной целлюлозы, выпускаемый отечественными ЦБК 38

7.7 Оценка деятельности ЦБП в начале XXI века. Роль государства в поддержке ЦБП..... 43

7.8 Хозяйственная деятельность бизнеса в целлюлозно-бумажной промышленности в 2001-2019 гг. (укрупнённо) 44

7.9 Лесная промышленность России в международной торговле..... 45

7.10 Переход на наилучшие доступные технологии и технологическая культура отрасли ... 47

7.11 Отсутствие локомотива технологического развития лесопромышленного комплекса .. 49

8 Сегмент лесохимического производства 52

8.1 Краткая историческая справка 52

8.2 Существующее положение дел и возможности лесохимического производства. Предложения и выводы 53

8.3 Перспективы развития «зелёной химии»..... 61

8.4 Неистощительное лесопользование – основа сохранения лесной кладовой 61

8.5 Предложения для обсуждения 64

9 Эколого-техническая оценка технологической платформы производства технической целлюлозы в лесном комплексе России..... 66

9.1 Технологические требования к НДТ, предъявляемые в мировой ЦБП 66

9.1.1 Окорка круглого леса и рубка щепы 67

9.1.2 Варка целлюлозы..... 69

9.1.3 Отбелка целлюлозы..... 70

9.1.4 Сжигание чёрного щёлока в СРК 72

9.1.5 Сбор и сжигание дурнопахнущих газов..... 73

9.1.6 Экспертная оценка технических решений, определяющих работу сульфатцеллюлозного предприятия, производящего белёную целлюлозу по НДТ..... 74

10 Основные технологические процессы, определяющие ресурсоэффективность целлюлозно-бумажной отрасли. Сравнительный анализ технологической платформы 1980-х гг. и современной платформы, основанной на принципах НДТ 76

Использованная литература 85

1 Обзор состояния целлюлозно-бумажной отрасли в лесопромышленном комплексе России в начале XXI века

В 1996 г. Президентом Российской Федерации была утверждена «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», при котором воздействие на окружающую среду остается в пределах хозяйственной емкости биосферы и не разрушается природная основа для воспроизведения жизни человека.

Такое понимание возникло в конце XX в. и стало итогом осознания социально-экологических проблем экономического развития и того факта, что разведанные ископаемые источники сырья: нефть, газ, уголь будут исчерпаны, и вопрос лишь в их сроках исчерпания (нефть ~50 лет, природный газ ~60 лет [1]; каменный уголь ~200 лет). В то же время общее количество биомассы на земном шаре составляет более 1841 млрд т [2] с ежегодным приростом от 130 млрд т до 200 млрд т [3], из которых порядка 40 млрд т составляет древесина. Среди некоторых возобновляемых источников углерода на Земле особое место в продуктах биомассы растений, являющихся основными компонентами древесного сырья, занимает целлюлоза, ежегодный прирост которой достигает 100 млрд т, прирост в биомассе лигнина оценивается в 50 млрд т, и гемицеллюлоз – 40 млрд т. Поскольку жизнедеятельность растений обусловлена только солнечной радиацией и наличием углекислоты в воздухе, следовательно, воспроизводство целлюлозы, лигнина, гемицеллюлоз будет происходить до тех пор, пока светит солнце и будут существовать микробы и живые существа, поставляющие углекислоту в атмосферу, а значит, пока существует жизнь на Земле.

Об освоении этого возобновляемого, и, следовательно, неисчерпаемого источника сырья писали в СССР ещё в 1960-е гг. [4] в учебниках для подготовки инженерных кадров, полагая, что в 1980-х гг. [5] (в недалёком тогда будущем) произойдёт переход от нефтехимического производства к биохимической и химической переработке древесной биомассы для решения сырьевых, энергетических и продовольственных проблем. Вот она, неистощаемая кладовая природы, к которой для её рационального и бережного использования нужно подобрать современные технологические ключи [51]. Решение этой проблемы является одной из главных задач науки в XXI в. Основные направления для её решения были сформулированы ещё советскими учёными и инженерами в комплексном подходе к переработке всей биомассы дерева для устойчивого развития экономики, в том числе за счёт заготовки древесины хлыстами и деревьями, при которой отходы, не применимые для механической и химической переработки, будут использоваться в качестве топлива. В то время разрабатывались технологии безотходного производства, при котором образующиеся технологические отходы, например, отходы сортирования целлюлозы, перерабатывали в конечные виды продукции (различные плитные материалы), внедрялись эффективные технологии переработки уже использованных волокносодержащих материалов (макулатуры) в разные виды картонно-бумажной продукции.

В апреле 2012 г. Председателем Правительства Российской Федерации была утверждена Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 г. Путь в «зелёную» экономику является магистральным эволюционным путём развития современных технологий всего лесного комплекса, которая базируется на использовании возобновляемых ресурсов и источников энергии для целей устойчивого развития.

Нужно отметить, что современный «биорефайнинг» растительного сырья – англоязычный термин, определением которого является комплексная переработка возобновляемого сырья. В отечественной технической литературе целесообразно преимущественное использование русскоязычной терминологии.

Если движущей силой в развитии целлюлозно-бумажного производства (ЦБП) до 80-х годов XX в. было стремление к повышению качества продукции и снижению его издержек, в том числе за счёт увеличения производственных мощностей, то, начиная с 80-х годов, к экономическим побудительным мотивам добавились требования охраны окружающей среды. Кроме того, всё настойчивее ставились вопросы устойчивого лесопользования, призванного превратить возобновляемую лесосырьевую базу в неисчерпаемый источник энергии и сырья, в том числе и для глубокой химической переработки: от биологически активных веществ и лекарственных препаратов до моторного топлива и целлюлозных полуфабрикатов, идущих на производство бумаги, картона, и для химической переработки, например, в углеродные волокна, технические нити (корд), вискозные волокна, текстильные нити (шёлк), эфиры целлюлозы (натрийкарбоксиметилцеллюлоза, метилцеллюлоза и др.).

Любое промышленное производство лесопромышленного комплекса в XXI в. имеет устойчивое положение на рынке, если опирается на конкурентоспособное качество и себестоимость продукции, на экологическую безопасность производства, включающую максимально возможное использование «зелёной энергии» и возобновляемую лесосырьевую базу. Совокупность этих рыночных требований может обеспечить только общая фундаментальная основа – современная технологическая платформа, построенная на наилучших доступных технологиях производства (НДТ) [79]. На рис. 1 представлено устойчивое производство продукции ЛПК на технологической платформе НДТ.

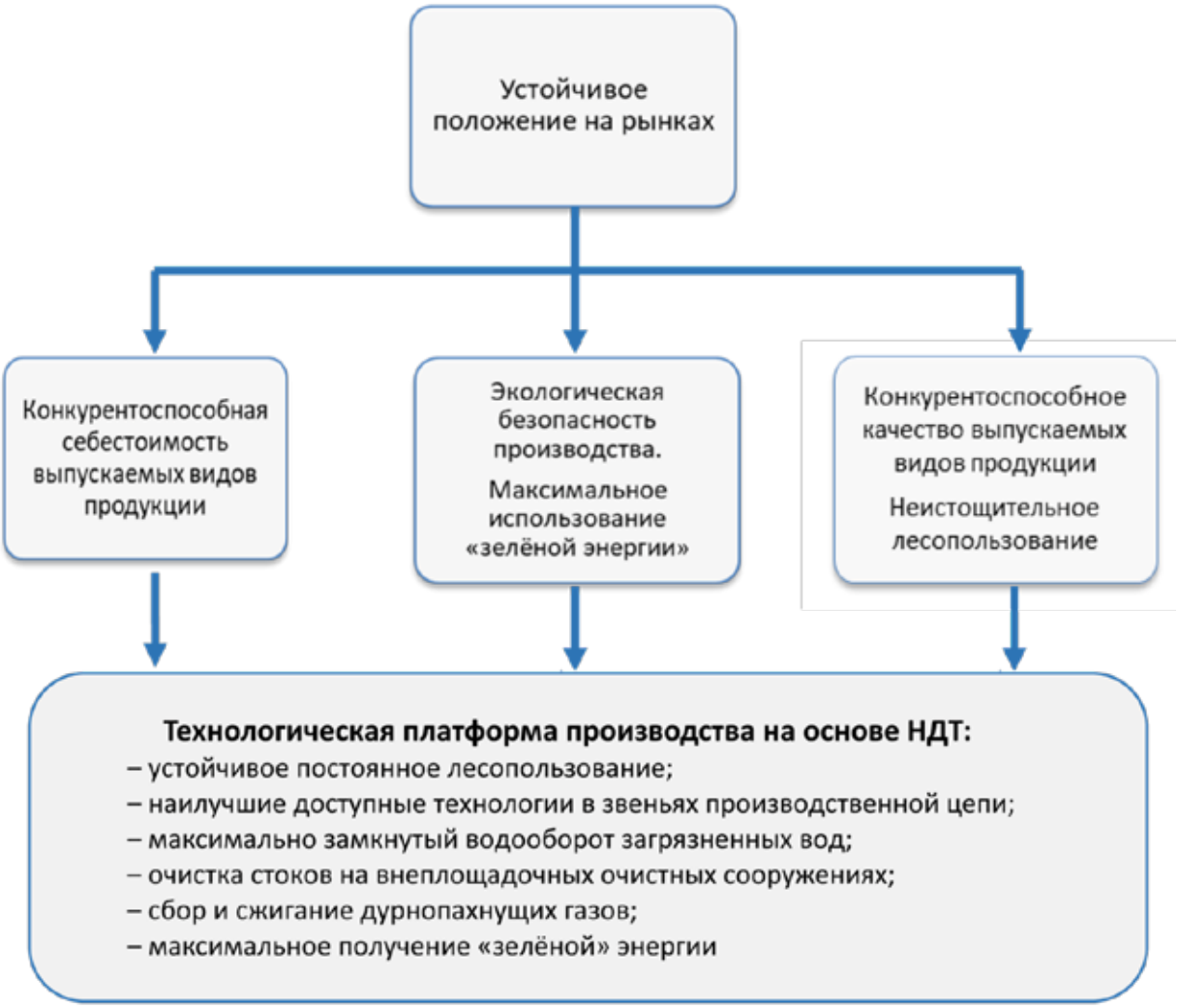


Рис. 1 – Современная технологическая платформа XXI в. в ЛПК, построенная на основе НДТ, обеспечивающая устойчивое положение предприятия на рынке

Поскольку целлюлозно-бумажные предприятия работают в составе ЛПК, а крупные предприятия интегрированы с лесозаготовкой, лесовосстановлением и механической обработкой древесины, то вопросы обеспечения устойчивого лесопользования и использования всей биомассы заготовленной древесины будут рассматриваться сквозь призму функционирования существующей структуры ЛПК.

В данной работе, используя концепцию эколого-технологической оценки, будут определены «узкие» места существующей технологической платформы ЛПК России относительно современной платформы на основе НДТ.

2 Структура работы лесопромышленного комплекса России и причины низкого вклада ЛПК в ВВП РФ и в мировой лесной бизнес

На рис. 2 представлены виды древесного сырья, получаемого из биомассы заготовленного дерева, которые используются для переработки на предприятиях лесопромышленного комплекса.

Рис. 2 – Виды древесного сырья в биомассе дерева, используемые для переработки на предприятиях лесопромышленного комплекса

Структура существующего ЛПК России приведена на рис. 3. Она состоит из лесного хозяйства и лесной промышленности, которая включает такие производства, как лесозаготовка, механическая обработка древесины и её химическая переработка. Последняя имеет два сегмента: производство целлюлозно-бумажной продукции и лесохимическое производство.

Отметим, что на рубеже веков произошли существенные структурные изменения: в сегменте ЦБП было полностью закрыто производство наукоёмкой продукции – целлюлозы для химической переработки (в 1970-е гг. выпуск этого вида целлюлозы составлял 800 тыс. т в год).

Структурные изменения в сегменте лесохимического производства привели практически к прекращению его существования (канифольно-терпентинное, канифольно-экстракционное, использование древесной зелени и т. д.). В «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года» [6], подготовленной Министерством промышленности и торговли РФ, сегмент лесохимического производства вообще *не рассматривается.* В ней указаны только талловые продукты, получаемые как побочная продукция от варки сульфатной целлюлозы (талловый скипидар, сырое талловое масло, талловая канифоль и жирные кислоты).

Произошедшие структурные изменения на схеме отмечены красным шрифтом.

Сверхкрупные лесопромышленные компании интегрированы и совмещают разные виды деятельности лесопромышленного комплекса:

– лесовосстановление (лесное хозяйство);
– заготовка и транспортировка древесного сырья (лесозаготовка);

– производство пиломатериалов (механическая переработка);
– производство целлюлозы и бумажно-картонной продукции (сегмент химической переработки древесины);
– производство побочных продуктов из сульфатных и сульфитных варочных щёлоков.

Рис. 3 – Структура лесопромышленного комплекса

Следует отметить, что в 2016 г. объём выручки ЛПК России составил 1,4 трлн руб. (23 млрд долл. США), из которых выручка от химической переработки древесины в сегменте ЦБП составила 1,15 трлн руб. (19,2 млрд долл. США) [6], или 84 % от суммарной выручки ЛПК, что говорит о значительном вкладе даже одного сегмента химической переработки древесины в выручку предприятий. По мнению экспертов, второй сегмент химической переработки – лесохимическое производство могло бы дать продукции только *из доступной древесной зелени* в РФ для сельского хозяйства, парфюмерной, медицинской, пищевой отраслей промышленности на 10 млрд долл. США, а суммарный вклад лесохимического производства оценивается в 15 млрд долл. США. Таким образом, ЛПК России смог бы увеличить выручку от химической переработки всей биомассы заготовленной древесины почти в два раза, до 34 млрд долл. США.

С начала 2000-х гг. ЛПК перерабатывает, в лучшем случае, 60 % биомассы дерева (ствол), тогда как остаток в 40 % биомассы: лесосечные отходы, сучья, пни, древесная зелень *не используются*. Производимая продукция имеет низкое качество и находится в нижнем сегменте стоимости. Кроме того, более 35 % заготовленной древесины продаётся на экспорт. В начале XXI в. такое положение дел в ЛПК определило несовершенную структуру лесного экспорта и, соответственно, его низкий экономический потенциал [6]. Аналогично низкая оценка и доли ЛПК в ВВП страны, которая составляет всего 0,5 %.

Начиная с 2007 г., постоянно предпринимаемые Правительством РФ меры сократили поставки за рубеж необработанного круглого леса до 7 % от объёма заготовки, однако структура экспорта существенно не изменилась. Так, в 2019 г. экспортная выручка ЛПК от продажи круглого леса составила 1,24 млрд долл. США, от продажи целлюлозы – продукции

более высокого передела – 1,07 млрд долл. США, и от бумаги и картона как продукции с высокой добавленной стоимостью – 2,04 млрд долл. США. Такая структура экспорта ЛПК, включающая продукты с низкой добавленной стоимостью (продукция первых переделов), направляемые за рубеж для дальнейшей их переработки и формирования за рубежом высокой прибыли у переработчиков нашего сырья, обусловила низкую экспортную выручку в объёме 12,3 млрд долл. США. В то же время по оценкам экспертов, она должна быть в два раза выше и достигать 20-30 млрд долл. США, что уже сопоставимо с поставками нефти, газа и продукции сельского хозяйства.

Несмотря на несметные лесные богатства России, вклад ЛПК в глобальный лесной бизнес составляет всего 3 %. Причина такого положения дел лежит в глубоком структурном кризисе ЛПК, в который он погрузился в 1990-е гг. и находится до настоящего времени.

3 Наилучшие доступные технологии ведения лесного хозяйства и лесной промышленности

При комплексном рассмотрения ЛПК как единого целого НДТ должны охватывать все стадии производства – от ухода за лесом, его использования и лесовосстановления до малоотходных процессов глубокой переработки сырья (лесохимических производств).

1. Уход за лесом, его использование и лесовосстановление:

1.1. Дорожная сеть протяжённостью 15 км на 1 тыс га площади лесов, достаточная для проведения лесохозяйственных работ и эффективной охраны лесов от пожаров.

1.2. Интенсивное лесопользование на основе модели экономического планирования, разработанной по проекту фонда «Грин Форест» «Псковский модельный лес» [7], для целевого выращивания нужных лесных пород.

1.3. Осветление, прочистка, прореживание – заготовка топливной древесины и сырья для лесохимических производств.

1.4. Проходные рубки – заготовка товарной древесины и сырья для лесохимических производств.

1.5. За 10-15 лет до рубки главного пользования в сосновых древостоях *канифольно-терпентинное производство* собирает живицу с одного дерева сосны в среднем 1,2 кг в сезон (4-5 месяцев) или ~70 кг/га за сезон, при переработке этого количества на канифольно-терпентинных производствах получают 52 кг живичной канифоли и 13 кг живичного скипидара (терпентина). Из живицы получают около 400 продуктов, поэтому экономическая эффективность её переработки может составлять (без учета затрат на рубки) 15 тыс. руб. в сезон с одного дерева [8].

1.6. Рубка главного пользования.

1.7. Вывозка древесины с разделением пород – хвойные, из которых отдельно, лиственница и также отдельно кедр от остальных пород: сосна, ель, пихта; лиственные породы: осина отдельно от берёзы.

1.8. Для сохранения естественной влажности лесосырья сократить продолжительность хранения и транспортировки леса с момента заготовки до поступления в производство.

1.9. Лесовосстановительные работы.

2.0. Интенсивная модель лесопользования прогнозирует (п. 1.2), например, вырастить 800 деревьев на 1 га с заданным средним диаметром насаждения.

2.1. Высадка 2-2,5 тыс. саженцев на 1 га. Количество саженцев больше, чем вырастет деревьев, это связано с потерями, в том числе от будущих рубок ухода.

3.0. Переработка заготовленной биомассы:

– *малоотходное* производство и использование всех компонентов древесного вещества и частей дерева.

3.1. Механическая обработка древесины

Нижняя и средняя части древесного ствола в зависимости от породы древесины и её возраста используется для деревянного домостроения, на производство фанеры, пиломатериалов, погонаж и т. д. Отходы механической обработки применяют в производстве плитных материалов, пеллет, а неиспользуемый остаток сжигают в качестве биотоплива взамен минерального.

3.2. Химическая обработка древесины

3.2.1. Сегмент целлюлозно-бумажного производства с выработкой продуктов лесохимии из отходов сульфатной и сульфитной варки.

Верхняя часть ствола – балансовая древесина:

1. Химическая переработка с получением целлюлозы для бумажно-картонной продукции и побочных продуктов:

– из варочных сульфатных щёлоков при производстве 1 т целлюлозы, получают: талловый скипидар – (из сосны – 10 кг, из ели – 2,5 кг), сырое талловое масло – 42 кг (из этого количества СТМ получится – 10,5 кг канифоли талловой, 11 кг – жирных талловых кислот);

– из варочных сульфитных щёлоков при производстве 1 т целлюлозы, получают: лигносульфонаты – 300 кг, кормовые дрожжи – 40 кг, спирт этиловый – 90 л.

2. Механическая и химико-механическая переработка для получения древесной массы, идущей на производство бумаги и картона.

3.2.2. Сегмент лесохимического производства

Производство лесохимических продуктов основано на процессах термического разложения древесины и процессах экстракции.

Пиролизное производство (углежжение). Используется древесина [9] от рубок ухода, и дровяная древесина. Древесный уголь (ДУ) – высокоэффективное топливо, которое получают методом сухой перегонки – пиролиза древесины под действием высокой температуры без доступа воздуха. В отличие от ископаемых углей ДУ горит без дыма и пламени, и имеет более высокую теплоту сгорания. Выход угля составляет 60 % от массы древесины, загруженной в реторту.

Производство активированных углей. Специальной обработкой угля-сырца уменьшают пористость до 1-2 нм и его удельная поверхность пор достигает сотен $м^2$ на 1 г активного угля. Выход активированного угля составляет 20-60 % от использованного древесного угля-сырца.

Пиролиз бересты (дегтекурение). Берестовый дёготь используют в кожевенной, фармацевтической промышленности, для производства моющих средств. Выход 40 % от чистой бересты (очищенной от луба).

Уксусно-кислотное производство. Из жидкого продукта пиролиза древесины – жижки – извлекают уксусную кислоту. Выход уксусной кислоты составляет 20 кг из 1 $м^3$ переугленной древесины.

Производство ацетатных растворителей. Лесохимическую уксусную кислоту перерабатывают на ацетатные растворители: этилацетат и бутилацетат.

Переработка древесной смолы, находящейся в жидком продукте любого процесса термического разложения древесины – жижке, из которой методом разгонки получают смоляные масла (древесно-смоляной фенольный креолин) и древесный пек (смола-связующее для производства активных углей).

Древесноспиртовое производство. Синтезируют метанол из водяного газа ($CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH$).

Формалиновое производство. Получают формалин – водный раствор формальдегида, где из 1 т метанола выход 37 % формалина составляет 1,86 т.

Канифольно-экстракционное производство извлекает смолистые вещества из пней (т. н. пнёвый осмол) бензином (специальная марка БХЛ с температурой кипения 105 °С) с получением экстракционной сосновой канифоли, скипидара и флотационного масла.

Переработка еловой серки (засохшая еловая живица, проступающая из возникших ранений растения, собирается вручную) в абиетиновую смолу методом экстракции бензинобутанольной смесью. Выход абиетиновой смолы 50 % от массы поступившей еловой серки.

Переработка канифоли. Производство полимеризованной, диспропорционированной, гидрированной канифоли. Производство канифольно-малеиновых и канифольно-фумаровых аддуктов, глицеринового эфира канифоли, пентаэтритового эфира канифоли. Производство эфиров модифицированной канифоли. Производство резинатов канифоли.

Химическая переработка скипидара. Получение камфары, всего около 100 наименований продуктов.

Примечание: все вышеперечисленные технологии лесохимических производств были разработаны в Центральном научно-исследовательском и проектном институте лесохимической промышленности (ЦНИЛХИ), созданном в 1932 г.; в 2010 г. институт был закрыт за ненадобностью государству.

Биологически активные препараты из древесной зелени (по методу Фёдора Тимофеевича Солодкого):

Сосновая и еловая лапка. Производство хлорофилло-каротиновой пасты поливитаминно-фитонцидный препарат. Измельчённую лапку экстрагируют бензином. Паста соответствует ГОСТ 21802-84: в 100 г сухой пасты не менее 1000 мг производных хлорофилла и 45 мг каротина. Выход пасты из 1 т сосновой лапки – 75 кг, из еловой – 35 кг.

Паста используется в парфюмерно-косметической промышленности в качестве биологически активной добавки.

Еловая лапка. Производят из измельчённой лапки экстракцией бензином:

– провитаминный концентрат. Содержит каротиноиды, фитол, витамин Е, стерины и др. вещества. Выход 5 кг из 1 т еловой лапки.

– бальзамическая паста. Содержит значительное количество хлорофилла. Выход 5 кг из 1 т еловой лапки.

– хлорофиллин натрия. Высокоценный препарат, содержащий 30 % производных хлорофилла. Выход 0,2 кг из 1 т еловой лапки.

Продукты: бальзамическая паста, хлорофиллин натрия, провитаминный концентрат используют в производстве парфюмерно-косметических изделий.

Процесс переработки еловой лапки безотходный. Проэкстрагированную бензином лапку обрабатывают горячей водой и из водного раствора вырабатывают лечебный хвойный экстракт. Далее из отработанной лапки получают кормовую муку – безотходное производство.

Проводились исследования, которыми показано, что препараты из древесной зелени ольхи не уступают еловым [10].

Древесная зелень в производстве хвойно-витаминной муки.

Древесная зелень по химическому составу сходна с травой. Поэтому витаминную муку получают измельчением и сушкой древесной зелени – эффективная белково-витаминная *добавка* к корму для скота и птицы. Витаминную муку используют только как *добавку* к основному корму, поскольку она содержит алкалоиды, смолистые и дубильные вещества, не содержащиеся в траве. Производительность передвижных установок по хвойно-витаминной муке – 0,1 т/час, на стационарной установке – более 1000 т/год.

Кора деревьев, береста, листья, трава, мох, грибы – сырьё дорогостоящих экстрактов для лекарств из натурального сырья, а также косметики и парфюмерии.

Заключение

Такие известные *классические* направления переработки всей заготовленной биомассы должны быть исполнены *на современной технологической платформе* с получением существующих и новых товарных продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Существующие наилучшие доступные технологии в лесном хозяйстве и лесной промышленности обеспечат максимальную безопасность для природы и ресурсоэффективность производства ЛПК.

4 Лесное хозяйство РФ

4.1 Основные положения

В России запасы древесины оценивают в 76,06 млрд м^3 [11], что составляет 14 % общемировых запасов, для сравнения, например, в Финляндии – только 0,5 %. Половина мировых запасов хвойной древесины сосредоточена в лесах России, тогда как в Финляндии – только 1 %.

Общая площадь земель лесного фонда России – 1180,9 млн га, или 69 % территории суши с внутренними водоемами [12]. Площадь лесных массивов России оценивают в 733,15 млн га [11], для сравнения, в Финляндии площадь лесов почти в 40 раз меньше и составляет 20,0 млн га [13], при общей площади лесов в мире 4 млрд га.

В нашей стране 70 % общей площади лесов расположены в Сибири и на Дальнем Востоке, именно в них сосредоточены основные запасы древесины, являющейся сырьём для производства целлюлозных полуфабрикатов. Эти районы имеют главное эксплуатационное значение, и их подразделяют на освоенные и резервные. К резервным районам относят леса, не вовлеченные в освоение вследствие их удаленности от транспортных путей, и некоторые другие. Площадь резервного лесного фонда России составляет 267,2 млн га [14], или 36 % от общей площади всех лесов (табл. 4.1).

Табл. 4.1 – Состав основных лесообразующих пород лесов России [11]

Порода древесины	Площадь, млн га	%	Объём, млн м^3	%
Лиственница	264,29	36	23,1	30
Сосна	117,47	16	15,0	20
Ель.	77,20	11	10,0	13
Кедр	40,85	6	7,79	10
Пихта	14,93	2	2,54	3
Берёза	97,95	13	9,88	13
Осина	20,57	3	3,08	4
ИТОГО	733,15		76,06	

Для оценки масштаба нашей зелёной кладовой представим объём лесных площадей на одного жителя в России и некоторых европейских странах в гектарах (табл. 4.2).

Следует отметить, если в мире за последние годы общая площадь лесов сократилась на 1200000 км^2, то в Европе за последние 10 лет благодаря интенсивному выращиванию лесов их площадь увеличилась более чем на 44000 км^2, что сопоставимо с площадью Швейцарии и рост этой всей биомассы составляет 2 т в секунду [93]. Как показывает практика, использование древесины в качестве сырья в Европе не приносит ущерба лесам там, где деревьев сажается больше, чем рубится.

Для технического использования древесины во многих странах мира переходят к плантационному выращиванию быстрорастущих древесных пород. Ежегодная

продуктивность деревьев, используемых для плантационного выращивания в таких странах как США, Канада, Швеция, Германия Финляндия составляет 5-10 т биомассы с 1 га [15], или 2,5-5 $м^3$/га, тогда как в нашей стране 0,6-0,7 т/га, или 1,3 $м^3$/га.

Табл. 4.2 – Площадь леса на 1 человека в некоторых государствах Европы [97]

Государство	Площадь лесов, га/чел.
Россия	4,75
Финляндия	3,91
Швеция	2,58
Норвегия	1,57
Австрия	0,43
Греция	0,23
Португалия	0,22
Франция	0,22
Испания	0,17
Германия	0,12
Ирландия	0,11
Дания	0,09
Италия	0,08
Бельгия	0,06
Великобритания	0,04
Голландия	0,02

К началу XXI в. плантационные хозяйства уже обеспечивали в мире примерно 15 % древесины, используемой для производственных целей, и ожидается, что в будущем лесные плантации станут основным источником получения древесины для промышленности.

Китай, не имея значительных запасов лесных ресурсов, начиная с 1981 г. успешно реализует государственную программу по созданию плантаций быстрорастущих лесных пород. Так в период с 1990 до 2000 гг. ежегодно закладывалось по 1,99 млн га лесных плантаций, а начиная с 2000 г. – по 4,06 млн га, причем только в 2007 г. китайскими добровольцами было посажено 2 млрд 270 млн саженцев. В 2008 г. леса заложены на площади 4,77 млн га, и на сегодняшний день по размеру лесных плантаций Китай занимает первое место в мире и продолжает вкладывать средства в выращивание лесов [16].

По данным аналитической службы Lesprom Network в 2015 г. лесное хозяйство РФ *впервые* за последние восемь лет получило прибыль в размере 0,01 млрд долл. США. В 2016 г. в лесном хозяйстве отмечен существенный приток инвестиций + 65,7 % до 0,23 млрд долл. США, или 12 % от 1,8 млрд долл. США общих инвестиций в ЛПК [18].

Если на душу населения в нашей стране приходится на 20 % лесной площади больше, чем в Финляндии, тогда как выручка от экспорта на душу населения у нас в 24 раза меньше, чем в Финляндии, соответственно, 87 долл. США и 2070 долл. США [13].

В 2018 г. объём производства лесной промышленности Китая составил 1,1 трлн долл. США, что примерно составляет две трети ВВП России [16] и в 48 раз больше, чем ЛПК России. При этом численность населения Китая всего в 10 раз выше РФ; таким образом, в Китае производится продукции в размере 733 долл. США на 1 человека, что в 5 раз больше продукции ЛПК на человека в РФ – 158 долл. США на человека. При этом к 2025 году Китай планирует увеличить выпуск продукции ЛПК в 1,5 раза.

Такова стратегия развития Китая. Поэтому «Стратегия развития лесопромышленного комплекса до 2030 года», разработанная Правительством Д. А. Медведева, смотрится как стратегия планирования стагнации отрасли до 2030 г., и её надо срочно пересматривать, поскольку в условиях огромных запасов лесной кладовой России государству необходимо самому решать задачи по рациональному её использованию, взяв всё лучшее от Европы и Китая. Бизнес, управляя ЛПК последние 19 лет, ничего не сделал для страны.

4.2 Ведение лесного хозяйства России от Петра до настоящего времени (исторические параллели и выводы)

В истории нашей страны отношение к состоянию лесов со стороны государства характеризовалось как заботой об их сохранении, так и полным безразличием.

С начала XVIII в. Петром I начали вводиться ограничения на рубку некоторых лесных массивов и были предприняты первые попытки по лесовозобновлению и лесовыращиванию.

В 1798 г. Указом императора Павла I был учреждён Лесной департамент, дабы избежать варварской вырубки лесов. В течение всего XVIII в. продолжалось начатое при Петре I обследование лесов с составлением описей и ландкарт, действовало лесное законодательство, утверждалась *частная собственность на леса*, и к концу века значительная часть доступных лесов Европейской России оказалась закреплена между отдельными лесопользователями [17].

В середине XIX в. были разработаны меры по охране доходных лесов от пожаров и вредных насекомых [19].

В 1899 г. Дмитрий Иванович Менделеев сформулировал основной принцип управления лесным хозяйством: «Непременным условием разумного пользования лесными запасами должно считать такое в них хозяйство, чтобы годовое потребление было равно годовому приросту, ибо тогда потомкам останется столько же, сколько получено нами. Само собой, понятно, что вырубка излишней массы должна истощать леса, но и недобор, несомненно, пагубен, так как перестоялый лес легко подвергается бурелому, гнилости и, что всего важнее, пожарам». Кроме этой рекомендации Дмитрий Иванович коснулся и экономической стороны вопроса. Он отметил, что сухостоя и валежника в сосновом лесу за 100 лет его жизни может накопиться не менее 40 куб. саженей (около 320 м³), что может быть равно количеству древесины при вырубке. Поэтому, «на этот текущий доход от леса должно обратить усиленное внимание, потому что одним этим можно окупить присмотр за лесами и сильно увеличить массу топлива с данной площади» [20].

Постоянство пользования лесом – постулат классического лесоводства, позиция *цивилизованного* лесного хозяйства, гарантирующая постоянное пользование лесом, сохраняя его не только для современного, но и будущего поколений.

В 1918 г. Советской властью был принят первый закон – Декрет «О лесах» ВЦИК. По примеру Лесного устава, действовавшего с 1808 г., был разработан и принят в 1923 г. первый Лесной кодекс. Принимались и другие решения, например, по делению лесов на зоны промышленного назначения, в которых действовали леспромхозы, и на леса лесокультурного значения, в которых действовали лесхозы и агролесхозы.

Однако принцип постоянства использования лесов, на котором настаивали ведущие лесоводы страны: Георгий Фёдорович Морозов – лесовод, ботаник, почвовед и географ конца XIX века – начала XX века, классик российского лесоводства; Михаил Михайлович Орлов – учёный-лесовод, профессор, член-корреспондент Академии наук Украинской ССР, Герой Труда, заслуженный деятель науки и техники РСФСР; Михаил Елевферьевич Ткаченко – учёный-лесовод, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Ленинградской лесотехнической академии, – был признан «буржуазно-вредительской лесоводческой школой». По воспоминаниям тех лет М. Е. Ткаченко с горечью говорил: «Плохо быть лесоводом» [17]. Жестокая травля М. М. Орлова сделала своё дело и 26 декабря 1932 г. он скоропостижно скончался на кафедре в своём кабинете от кровоизлияния в мозг.

В 1936 г. были выделены леса водоохранной зоны (около 70 млн га) и для их сохранности в системе Главлесоохраны действовало 698 лесхозов и 3306 лесничеств, но уже к 1936 г. лесное хозяйство по факту утратило общегосударственное значение и лесничества были вытеснены лесопунктами и леса стали служить интересам лесной промышленности.

Такое варварское использование лесов продолжилось и после войны в 1950-1960-е гг., когда использовалась лишь стволовая древесина хвойных пород (лиственная древесина и образующиеся отходы лесосеки не использовались), и, при наличии древесной биомассы ~200 т на 1 га лесосеки, выход лесоматериалов составлял порядка ~85 т или ~40 %. Однако в 1980-х гг. начался поворот к полному использованию всей биомассы заготовленной древесины хвойных и лиственных пород за счёт вывозки древесины с лесосеки на нижний склад в виде деревьев с кронами (в этом случае выход лесоматериалов составляет 143 т с 1 га или ~70 %) [21], что позволяло доставлять на переработку значительную часть биомассы дерева, в том числе и древесную зелень, 70 % которой, однако, терялось в процессе транспортировки. На основе полученного опыта была разработана безотходная технология заготовки, первичной (механической) и глубокой (механохимической, химической, энергохимической, биологической) переработки древесины с получением значительного количества дефицитной продукции, были разработаны оборудование и технологические линии, все элементы безотходной технологии переработки древесины прошли проверку на НПО «Силава», Крестецком ЛПХ ЦНИИМЭ и других [21]. Но к концу XX в. об этих разработках забыли. И только во втором десятилетии XXI в. появляются новые технологические комплексы безотходного производства при механической обработке древесины [22], но без производства продукции лесохимии (например, переработки древесной зелени).

В настоящее время, с принятием нового Лесного кодекса в 2007 г., лесное хозяйство России перестало существовать, поскольку структура его органов была изменена и функции лесничеств в области контроля за лесопользователями были значительно сокращены. При этом само лесопользование перевели на долгосрочную аренду лесных участков на 49 лет с обязанностью пользователей *рационально разрабатывать лесные ресурсы и заниматься их восстановлением*, при том, что для выращивания дерева требуется 60-80 лет. Таким образом, была упразднена система хозяйственной деятельности в лесу, а на плечах лесничеств осталась охрана лесных угодий от пожаров и лесоустроительные работы при одновременном значительном сокращении численности работников.

Ведущий сотрудник НИИЛХ Игорь Васильевич Шутов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН и РАСХН, отмечает, что в действующем Лесном кодексе 2007 г. лес определяется как сырьевой ресурс, а между тем, с точки зрения науки, лес – ландшафт особого типа, в котором допустима хозяйственная деятельность, но забирать можно не больше естественного прироста. Именно ландшафтом лес должен быть и с точки зрения закона. Словосочетание «лесное хозяйство» в кодексе вообще отсутствует. И. В. Шутов также поясняет, что во всём мире лес находится или в частной собственности, или в государственной, тогда как в РФ придумали аренду, которая позволяет быстро нажиться за счёт леса в ситуации ослабленного контроля. И эти слова оказались пророческими (см. рис. 4 [28]).

В нашей стране ещё в 1990-е гг. площадь лесовосстановления сократилась в два раза и составила 800-900 тыс. га в год; эта тенденция практически сохранилась до настоящего времени. Поэтому увеличение объёма рубок, начатое в 2010 г., за последующие 7 лет привело к накоплению невосстановленных лесов на площади 14135 км^2. Если собрать все деляны воедино, получится квадрат обезлесенной территории размером 119 км × 119 км. Как видно из рис. 5, такая площадь *невосстановленных* лесов за эти годы составила уже 125 % от площади ежегодной вырубки, что красноречиво подтверждает сказанное об аренде лесов И. В. Шутовым, а также говорит о необходимости срочных изменений в лесном законодательстве.

Рис. 4 – Пример небрежной эксплуатации лесов [28]

Рис. 5 – Площадь рубки, лесовосстановления и накопленная площадь невосстановленных лесов, 2010-2016 гг.

По словам Владимира Фёдоровича Буторина [22], главы Группы компаний УПК, занимающегося лесным бизнесом уже 30 лет в Устьянском районе Архангельской области: «Проблемы лесной отрасли много раз обсуждались, и если честно, то мои коллеги устали от пустых разговоров вокруг да около». Владимир Фёдорович это говорил, принимая участников рабочей группы Совета Федерации по совершенствованию лесного законодательства России; группа посетила предприятия Компании в феврале 2020 г. Рабочая группа познакомилась с передовым опытом ведения безотходной технологии производства в ЛПК и современной системой лесовосстановления для модели интенсивного

лесопользования, используемой в условиях сплошной вырубки. По его мнению, можно только надеяться, что с помощью представителей высшей власти страны вопрос наконец сдвинется с мёртвой точки. Он считает, что необходимо на законодательном уровне закрепить возможность передачи лесного фонда в частную собственность или увеличить срок аренды до 200 лет. Это позволит владельцам лесного бизнеса эффективнее вести лесное хозяйство, планировать развитие и создание новых производств на несколько поколений вперёд.

Владимир Фёдорович также предложил включить в Лесное законодательство РФ положение о возможности создания модельных лесов на заброшенных и неперспективных землях сельхозназначения. В частности, на таких землях в Устьянском районе на площади 25 тыс. га через 60-80 лет можно вырастить более 8 млн м^3 хвойного леса высшего качества. Если сегодня средний запас древесины на гектаре составляет примерно 150-180 м^3, то на зелёной ниве России планируется выращивать по 250-400 м^3.

К данным пожеланиям можно добавить и мнение лесохимиков, которые считают [8], что для глубокой переработки биомассы и получения дополнительного дохода порядка 15 тыс. руб. с одной сосны за сезон требуется участки леса для лесохимии давать в долгосрочную аренду. Именно тогда за 10-15 лет до вырубки можно собирать живицу, а после рубки восстановить лес. Такой подход к лесу, позволяющий в два раза увеличить экономическую эффективность ЛПК, может быть только у настоящих хозяев, и государство должно дать им такое право, если на деле хочет сохранить зелёную кладовую страны для будущих потомков.

Глава совета директоров и совладелец АО «Группа «Илим» Захар Давыдович Смушкин в интервью газете «Коммерсант» под заголовком «Лес – это пассив, а не актив» [23] отметил: «… наличие возможности приватизировать лес далеко не означает ажиотажного спроса на его приобретение. Лес – *это пассив*, а не актив. Сам факт владения лесом не означает моментальное обогащение. Напротив, для содержания и выращивания леса необходимы дополнительные вложения».

Напомним определение, по которому активы – это вложение денег в то, что приносит прибыль со временем, а пассивы – это то, что не увеличивает денежное состояние со временем, а наоборот его уменьшает. Представитель элиты лесного бизнеса страны сказал предельно откровенно: лес для него – пассив, и это подтверждает Рослесхоз огромной площадью (вдумайтесь – 14161 км^2) невосстановленных лесов от хозяйственной деятельности, в том числе и предприятий АО «Группа «Илим», что соответствует по площади государству Черногория.

Такие действия хозяйствующих субъектов в лесной кладовой страны – нарушение даже действующего Лесного кодекса, за которое нужно нести ответственность перед государством.

В развитых странах с лесной экономикой бизнес скрупулёзно просчитывает свои действия и лесные массивы считает активом, поэтому там бережно обрабатывается почва, сажаются качественные саженце и семена. Разработаны экономические модели для выращивания леса требуемого качества и в требуемом объёме, современные методы лесопосадок и специальная техника для этих целей, и эти вложения бизнесу окупает прекрасный по качеству выращенный лес.

Такое поведение бизнеса по отношению к российскому лесу требует реакции государства в лице исполнительной и законодательной ветвей власти, поэтому следует обеспечить полное и безусловное применение бизнесом на территории России наилучших доступных технологий в лесном хозяйстве и лесной промышленности на любой стадии технологического процесса и с соответствующими прописанными репрессивными мерами и юридическими нормами для случаев их неисполнения, вплоть до потери бизнесом

производственных активов. Лес – стратегический запас страны с возобновляемым древесным сырьём, и государство обязано законодательно его защитить.

Лес – это не только древесное сырьё, но и огромный резервуар углерода, кислорода, незаменимый источник питания животных, созданный биосферой, и хозяйственная деятельность человека должна оставлять лес живым, а не в виде огромных площадей оставшихся пней. Воспроизводство вырубленных лесов – профессиональный долг лесоводов. В 1999-2008 гг. на Северо-Западе был успешно осуществлён проект Всемирного фонда дикой природы (WWF) «Псковский модельный лес», который продемонстрировал сценарий интенсивного лесопользования. Проект помог создать природоохранные и лесохозяйственные нормативы, модели экономического планирования для использования в качестве инструмента для прогноза на местах [7]. Так или иначе, лесоводы свою работу делают, но при этом нельзя не признать, как пишет заслуженный учёный-лесовод, доктор наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук Игорь Васильевич Шутов [24], что вырубаемые девственные (реликтовые) леса и возникающие или создаваемые на их месте новые поколения лесов, как правило, *не одно и то же*. Происходит изменение лесного покрова Земли, принадлежащего не только нам, но и грядущим поколениям людей, и множеству других живых существ. Именно с этой точки зрения представляется ущербной этика наших действий по отношению к лесу. Ответственность лесоводов перед будущим усугубляется тем, что мы сознаём безмерную ценность девственных лесов как реликтовых систем с присущей только им сложностью, а также выработанными в течение тысячелетий устойчивостью и биологическим разнообразием. Так И. В. Шутов описал огромную пропасть между существующей системой заготовки леса и его восстановлением с требованиями сохранения реликтовых лесов.

Утешением может служить тот факт [25], что для большей части наших лесов на Севере и Востоке страны характерны слаборазвитая инфраструктура и чрезвычайно растянутые коммуникации и только на 22 % площади лесов страны возможна доходная лесопромышленная деятельность.

На площади интенсивных рубок, занимающих 22 % площади лесов необходимо для лесовосстановления форсировать рост лесных плантаций, чем и занимается, в частности компания В. Ф. Буторина. По данным Рослесхоза, в Иркутской области в 2019 г. проведено искусственное лесовосстановление на площади 15000 га [26].

Для *неосвоенных лесных регионов* первым и главным условием производственной деятельности должен стать принцип постоянного (неистощительного) лесопользования, сформулированный Дмитрием Ивановичем Менделеевым, по которому хозяйствовать в лесу нужно так, «… чтобы годовое потребление было равно годовому приросту», другими словами: сколько выросло зрелого леса для рубки, столько и заготовлено в текущем году.

На заброшенных землях нужно использовать плантационное выращивание быстрорастущих древесных пород (рис. 6). Площадь таких земель в нашей стране составляет около 80 млн га – это 4,5 % территории всей страны [27].

По факту, такие земли уже заросли лесом невысокого качества, и его прирост в естественных условиях без ухода будет низким, поэтому требуется идти по примеру Китая, который на площади более 50 млн га выращивает быстрорастущий плантационный лес. На рис. 7 [28] представлен саженец с закрытой корневой системой для плантационного выращивания и интенсивного лесопользования.

Если законодательно поддержать такую инициативу и разрешить в РФ выращивание на неиспользуемых землях древесины и её продажу, то это не только пустит в оборот заброшенные земли, но и создаст новые рабочие места, и максимум через 50 лет на 50 млн га, что составляет 3 % площади страны, будет выращено 175 млн м^3 отличного по качеству леса. Его можно использовать для получения всех видов товарной продукции ЛПК,

в том числе для производства продуктов лесохимии ещё в процессе выращивания лесов. В качестве примера, из этого леса можно выработать 35 млн т целлюлозы. Кроме того, плантационный лес спасёт от вырубки наше главное мировое сокровище – бореальные леса.

Рис. 6 – Земли сельскохозяйственного назначения
в Новосибирской области, за 20 лет заросшие лесом [27]

Рис. 7 – Саженец с закрытой корневой системой [28]

В настоящее время три подхода к лесопользованию на основе моделей экономического планирования, разработанные по проекту «Грин Форест» «Псковский модельный лес» [7, 28]: ведение интенсивного лесопользования (сплошные рубки), неистощительного лесопользования (*перспективные регионы*) и выращивание плантаций на заброшенных землях, являются наилучшей доступной технологией. Для того, чтобы НДТ лесопользования стали неотъемлемой практикой работы, необходима единая государственная политика,

закреплённая законодательно для развития всех лесных территорий и пустующих земель, а главное для сохранения нашего природного наследия будущим поколениям. Государство в своих интересах должно восстановить управление лесными богатствами и чем скорее, тем лучше для нашей зелёной кладовой.

В заключении отметим, что последний Лесной кодекс был принят вопреки многочисленной и справедливой критике ведущих учёных, специалистов и лесопромышленников, поэтому обсуждение новых поправок в Лесное законодательство должно быть максимально открытым и его статьи должны приниматься с учётом мнения всех, кто не на словах, а на деле должен быть хозяином в лесу.

4.3 Ведение лесного хозяйства в Скандинавии и России

В Скандинавии давно используется принцип интенсивной модели управления лесными ресурсами, которая состоит в проведении от одной до пяти рубок ухода за жизненный цикл дерева [29] и предполагает на этой основе получать дополнительную прибыль от получения топливной древесины. Некоторые из них – некоммерческие рубки ухода в молодняках (осветление и прочистка) – являются лесоводческими операциями (рис. 8). На рис. 9 представлены лесопокрытые площади, охваченные сплошными рубками ухода, в Финляндии и Швеции в 1990-2003 гг.

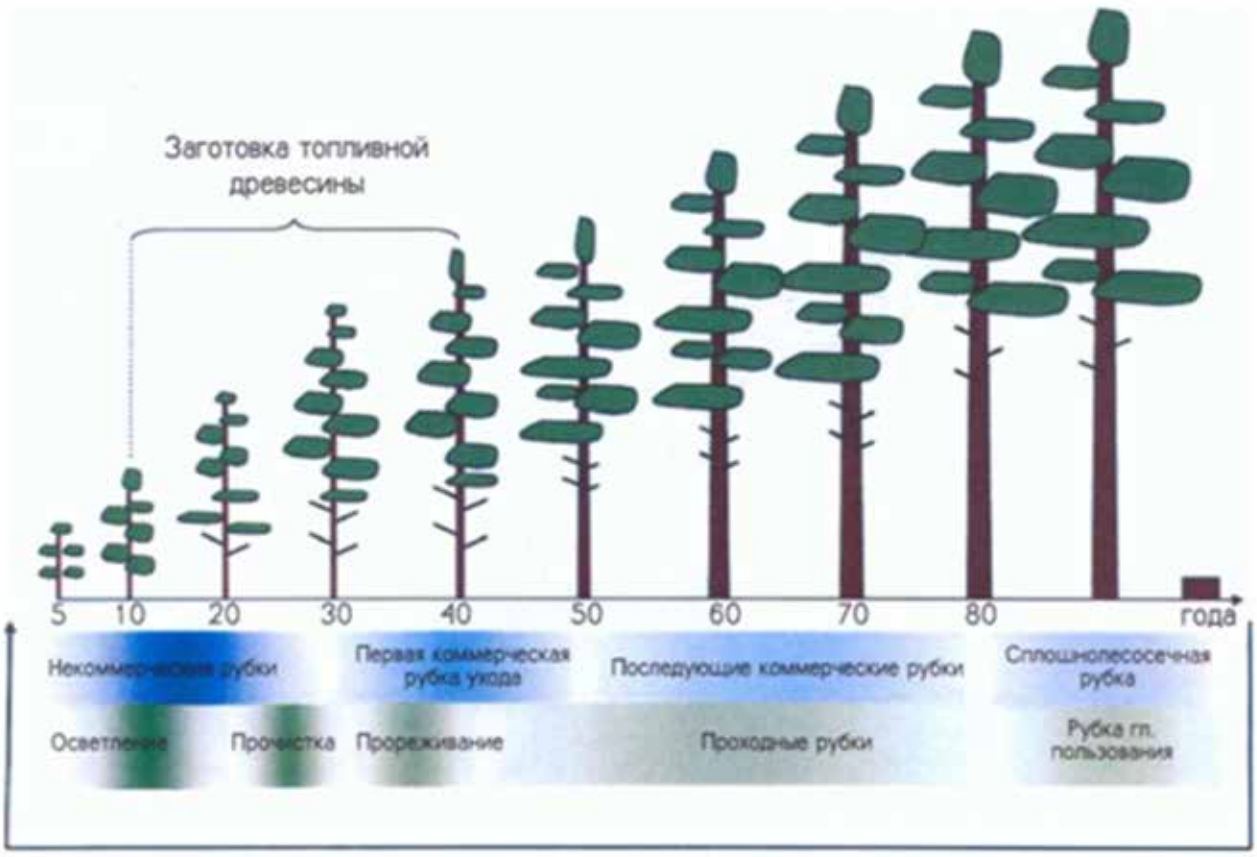


Рис. 8 – Сроки рубок в типичных сосновых древостоях Финляндии

В настоящее время ежегодно рубками ухода охвачено порядка 300 тыс. га леса в обеих странах. В Финляндии ожидают рост ежегодного объёма рубок ухода до 450 тыс. га. Известно, что рубки ухода считают важными по двум причинам [29]:

– увеличивается общий объём пригодной для заготовки древесины;
– повышается качество древесины, получаемой в ходе рубок главного пользования.

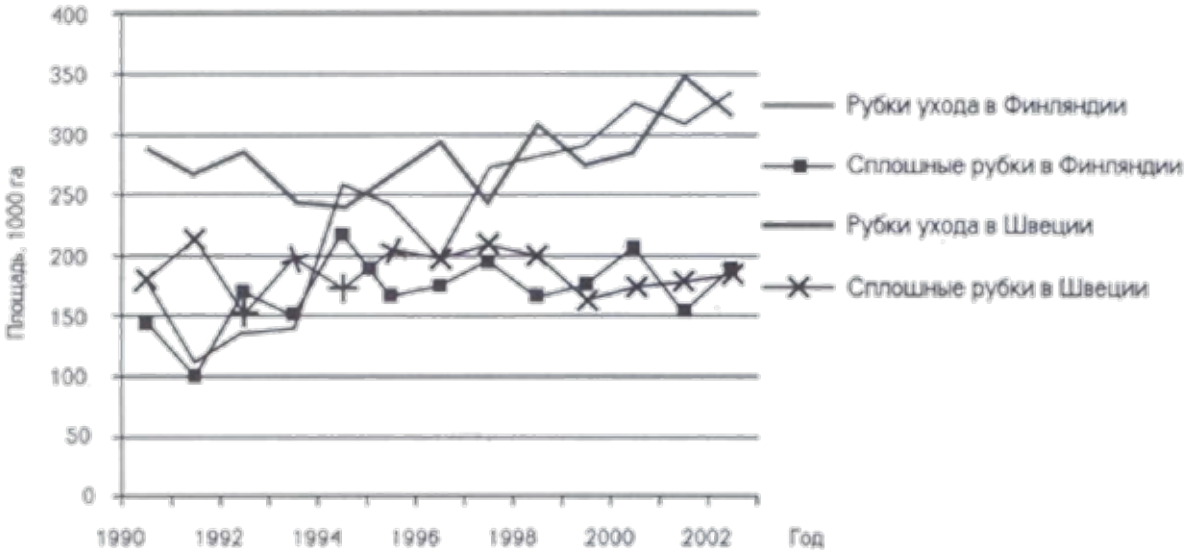


Рис. 9 – Лесопокрытые площади, охваченные сплошными рубками и рубками ухода, в Финляндии и Швеции в 1990-2003 гг.

Увеличение объёма и качества пригодной для заготовки древесины, в том числе топливной, связывают с рубкой ухода, при которой вырубаются деревья, служащие причиной чрезмерной плотности древостоя, а также больные и повреждённые деревья. Это способствует улучшению освещённости крон, изменению температуры, влажности воздуха и почвы и создаёт условия для роста корневой системы и здорового дерева в целом.

Такой подход к ведению лесного хозяйства определяет ежегодный прирост древесины в Финляндии – 4 $м^3$/га или 2 т биомассы на 1 га, тогда как в среднем по нашей стране в три раза меньше – 1,3 $м^3$/га, т. е. прирост биомассы порядка 0,6-0,7 т/га [15].

Как видно из рис. 9, в начале века в Финляндии и в Швеции рубки ухода проводят на площади свыше 300 тыс. га, тогда как по официальным данным в РФ на 1 января 2017 г. *на всей территории страны* рубки ухода выполнены на 260 тыс. га или меньше, чем у наших северных соседей.

По мнению лесоводов, в нашей стране потребность в агротехническом уходе за лесом удовлетворяется только наполовину. Преобладающим способом лесовосстановления является *содействие естественному восстановлению,* другими словами человеком не делается ничего, леса восстанавливаются самостоятельно. При этом плановая обеспеченность восстанавливаемых лесов рубками ухода в молодняках фактически составляет около процента! Поэтому высока доля гибели лесных насаждений старших возрастов из-за снижения объёмов ухода за ними ещё в молодом возрасте: за последние десять лет объёмы рубок ухода в молодняках (осветление, прочистка) снизились почти в 2 раза, и прогнозируется их дальнейшее сокращение. Низкая обеспеченность рубками ухода приводит в восстанавливаемых лесах к замещению хвойных пород на лиственные. Все перечисленные проблемы связаны *со сроком аренды на 49 лет*, поскольку для выращивания дерева требуется 60-80 лет, поэтому у арендатора нет материального стимула заниматься уходом за молодняком для повышения урожайности леса в будущем. Такую ситуацию изменит либо частная собственность или увеличение срока аренды, что даст бизнесу горизонт планирования и материальную заинтересованность в повышении качества и количества выращенного леса, о чём подробно описано выше.

Почему такое положение дел в России, и что требуется для реализации лесоводческих (некоммерческих) операций? Ответ заключается в первую очередь в необходимом наличии не некого «ответственного» за эту работу, назначенного Лесным кодексом, а хозяина в лесу, именно поэтому требуется внести изменения в Лесной кодекс о возможности частной

собственности на лес или существенно увеличить срок аренды до 200 лет, а также восстановить в полном объёме ведение лесного хозяйства (лесоустройства), в частности, защиту лесов от пожаров, вредителей, болезней, охрану от незаконных рубок. Для этого следует обеспечить необходимый объём финансирования работ, отсутствие которого, к сожалению, наблюдается на протяжении всей истории СССР и современной России. Предложенные самой жизнью кардинальные изменения в Лесном кодексе позволят такие средства получить ЛПК самостоятельно за счёт повышения экономической эффективности своей работы не менее, чем в два-три раза.

Отсутствие финансирования – одна из причин нерационального использования лесных ресурсов, в том числе, из-за низкой актуальности данных о лесном фонде. Так, в 2016 г материалы лесоустройства с давностью обследования не более 15 лет имеются только по 33 % лесов, по Сибирскому и Дальневосточному федеральным округам показатель составляет менее 24 % [6]. Только в последние несколько лет для краткосрочного и долгосрочного прогнозирования (моделирования) динамики состояния лесного фонда, оптимизации развития лесной дорожной инфраструктуры на долгосрочную перспективу и т. д., крупные арендаторы, в частности АО «Группа «Илим» начали применять беспилотные летательные аппараты (БПЛА) [30]. Бесспорно, такую работу нужно проводить на всей лесопокрытой территории страны.

Деньги, потраченные государством на лесную географическую информационную систему (ГИС), окупятся, если использовать модель управления лесами, которая отлично работала во времена СССР. По этой модели управления государство получает актуализированные данные о количестве, породном составе и качестве лесосырья во всех лесных регионах страны. На основе такой государственной инвентаризации лесов и конкретной номенклатуры продуктов *(получаемых из всей биомассы заготовленной древесины),* необходимых государству, и востребованных на рынке, определяются наиболее рациональные технологии для производства продукции на основе НДТ и требуемое качество лесосырья. Выбирается лесной регион, отвечающий этим требованиям, и государство, в современных российских реалиях, предлагает бизнесу в рамках кластера или, как теперь модно говорить, взаимодействия «бизнес для бизнеса» («B2B»), соответствующие лесные участки в аренду на 200 лет или в собственность для производства *конкретных* видов продукции по указанной бизнесу модели лесопользования. В этом и заключается роль государства – планировать стратегию развития лесных регионов, а роль бизнеса – решать хозяйственные задачи для достижения поставленных целей.

При такой стратегии развития фокус внимания государства смещается с площадки отдельного предприятия на площадь всего региона, в котором будет действовать кластер производств по переработке всей биомассы дерева. Что очень важно, найдётся работа для организаций малого и среднего бизнеса, которые в регионе могут быть перепрофилированы с валки леса на производство продуктов лесохимии, на уход за дорогами, на строительство инфраструктурных и гражданских объектов, охрану лесов и т. д.

Поскольку многие направления переработки биомассы носят сезонный характер по заготовке и переработке лесного сырья, то малые предприятия могут стать многопрофильными организациями, сочетающими, например, круглогодичную работу (углежжение, отпарка скипидара и т. д.) с сезонной (заготовка живицы). Круглогодичное наличие рабочих мест с достойной заработной платой искоренит понятие «чёрные лесорубы». Новые дороги, города, посёлки с необходимой инфраструктурой – важнейшая составляющая успешного развития лесного региона.

К сожалению, сегодня развитие ЛПК целиком отдано бизнесу, который за прошедшее двадцатилетие показал неспособность и нежелание считаться с интересами государства, действуя по формуле ничего личного, общественного, государственного, только бизнес

«здесь и сейчас». Такой подход привёл к тому, что вклад ЛПК в ВВП страны составляет 0,5 %.

Поэтому требуется срочное изменение модели управления лесными ресурсами, которое даст государству нужную номенклатуру продукции и средства для ведения лесного хозяйства, в том числе на лесную геоинформационную систему. Безусловно, помимо требований, государство окажет поддержку бизнесу в рамках отработанной им модели приоритетных инвестиционных проектов (ПИП).

5 Лесозаготовка

5.1 Основные показатели

Основой работы лесопромышленного комплекса является заготовка лесосырья. Основными показателями работы в этой области считается объём вывезенной деловой древесины и объём заготовленного (вырубленного) леса. В 2018 г., по данным Рослесхоза, было заготовлено 239 млн м^3 леса, и вывозка деловой древесины, по данным Росстата, составила 149 млн м^3. В 2010 г. перешли на новую систему учёта, в которой понятие деловой древесины заменили понятием производство необработанных лесоматериалов [31].

Для сравнения, мировой объём лесозаготовки составляет 3,7 млрд м^3, из которых получают 1,9 млрд м^3 деловой древесины. В мире наиболее крупные лесозаготовители находятся в пяти странах: США заготавливают более 400 млн м^3, Китай – 340 млн м^3, Бразилия – более 250 млн м^3, Россия – почти 240 млн м^3 и Канада – более 160 млн м^3.

Круглый лес – необработанная древесина – является самым дешёвым товаром лесной промышленности, востребованным на рынке. Переход европейских стран к устойчивому развитию на основе биоэкономики подразумевает, в том числе, и вытеснение минерального топлива, например, отходами лесозаготовки, что привело к появлению нового вида экспортных поставок – топливной щепы.

5.2 Современное состояние лесозаготовки

Современный уровень лесозаготовки в России представлен на рис. 10 [31], по объёму вывозки деловой древесины он соответствует 1992 г. и в два раза уступает объёму вывезенной древесины в 1980-е гг. (см. рис. 11).

Обратим внимание, что вывозка деловой древесины сопровождается вывозкой дров, объём которых в 2019 г. составил 15 млн м^3 и за период, начиная с 2000 г. – 344 млн м^3. Это огромное количество превосходного *сырья для лесохимических производств*, закрытых в настоящее время, которые могли бы дать дополнительную выручку от продажи продукции ЛПК. Использование дровяной древесины в лесохимических производствах – наилучшая доступная технология использования низкокачественного лесосырья.

В качестве положительной тенденции отметим, что вывозка деловой древесины с 2007 г. по 2019 г. увеличилась на 30 %, тогда как поставки необработанного леса за границу сократились от 36,7 млн м^3 до 15,2 млн м^3. Такая положительная динамика сокращения поставок самого дешёвого вида продукции ЛПК за рубеж произошла по двум причинам: за счёт введения правительством пошлин на экспорт необработанного леса и в связи с оказанием помощи крупным предприятиям для перевода их с лесозаготовок к лесопилению.

По «Стратегии развития лесопромышленного комплекса до 2030 г.» [6] планируется увеличить заготовку лесосырья для новых производств на 310 млн м^3 и поставку круглого необработанного леса сохранить на уровне 22 млн м^3 в год в такие страны, как Китай, Финляндия и Швеция. Страны Европы тоже торгуют необработанным лесом, но уровень продаж, например, в Финляндии составляет в среднем не более 1 млн м^3. Урон нашей лесной

кладовой от планируемой продажи 280 млн м^3 круглого леса до 2030 г. подробно рассмотрим в разделе *«Лесная промышленность России в международной торговле»*.

Рис. 10 – Вывоз древесины из России в 1980-2019 гг.

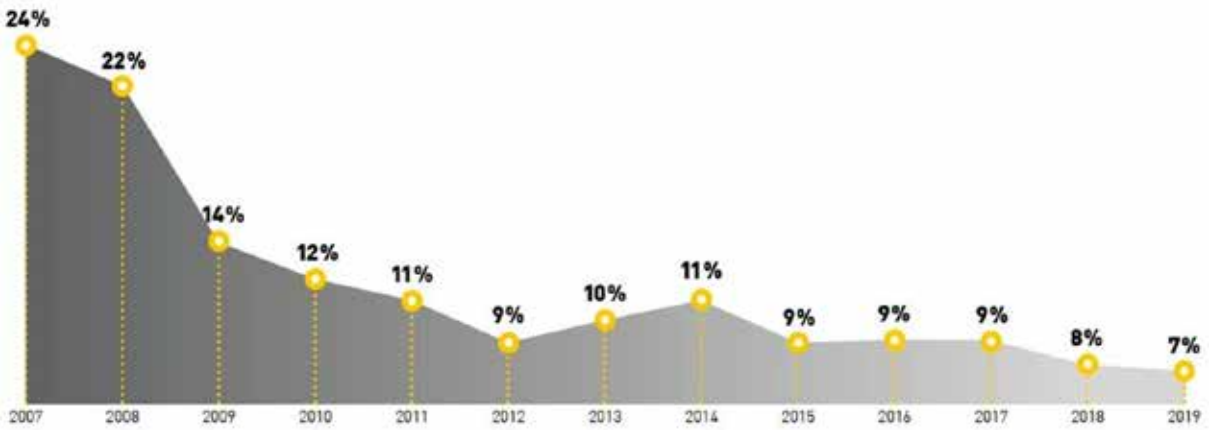


Рис. 11 – Доля экспорта необработанной древесины от общего объёма заготовки леса с 2007 по 2019 годы, %

5.3 Структура себестоимости древесного сырья

Стоимость древесного сырья – одно из слагаемых себестоимости производства целлюлозных полуфабрикатов, поэтому из всего многообразия вопросов лесозаготовительного производства рассмотрим только структуру цены доставленного на переработку древесного сырья и рассмотрим затраты на строительство лесовозных дорог.

В табл. 5.1 представлена структура стоимости древесины у лесозаготовителей России и Финляндии по данным фирмы «Яакко Поури» на начало XXI в. Из данных видно, что в начале XXI в. низкая стоимость 1 м^3 круглого леса в РФ была только из-за низкой попенной платы 2,1 долл. США, установленной государством в 2001 г. для поддержки предприятий ЛПК. В 2007 г. Правительство установило попенную плату в размере 4,1 долл. США, и

только начиная с 2018 г. стало увеличивать её сначала с коэффициентом 2,17 до 8,9 долл. США, и далее ежегодно с повышающим коэффициентом (2,38; 2,62) от платы, установленной в 2007 г.

Однако её стоимость в 2020 г. ещё более чем в два раза меньше попенной платы, установленной в Финляндии в начале века.

Табл. 5.1 – Структура стоимости древесины у лесозаготовителей России и Финляндии в начале XXI в. («Яакко Поури», 2002 г.)

Наименование затрат	Россия, долл. США	Доля в стоимости 1 пл. м^3 круглого леса, %	Финляндия, долл. США	Доля в стоимости 1 пл. м^3 круглого леса, %
Попенная плата	2,1	13	26,4	66
Лесозаготовка	8,3	51	8,4	21
Транспортировка	5,9	36	5,2	13
Всего	16,3	100	40,0	100

Следует отметить, что лесная такса на лес на корню была введена ещё в 1927-1928 гг., но она не восполняла затрат на выращивание леса и была чисто символической платой; и даже от неё государственные леспромхозы длительное время были освобождены [17], что и определило мизерный лесной доход при советской власти, который в 1926 году по РСФСР составлял лишь 34 коп. с 1 га, а расход 5 коп./га, в том числе 1 коп. – на проведение лесохозяйственных работ [17]. С первой пятилетки и вплоть до начала 90-х гг. лесное хозяйство финансировалось из бюджета.

Через 90 лет история с низкой попенной платой повторяется. В табл. 5.2 представлен расчёт дотации государства предприятиям ЦБП при выпуске 1 млн т целлюлозы и древесной массы соответственно за счёт снижения попенной платы относительно Финляндии. Такой подход позволяет быстро оценить дотации государства любой компании, производящей волокнистые полуфабрикаты, зная сколько компания произвела целлюлозы и древесной массы в год или за какой-то период.

Табл. 5.2 – Попенная плата в России и Финляндии, и оценка дотации государства на производство 1 млн тонн целлюлозы и 1 млн тонн древесной массы

Период, годы	Размер попенной платы, долл. США/м^3		Δ платы Финляндия / Россия, долл. США/м^3	Дотации государства на выпуск полуфабрикатов ЦБП			
	Россия	Фин-ляндия		1 млн т целлюлозы млн долл. США	1 млн т древмассы млн долл. США	110 млн т целлюлозы	27 млн т древмассы
2001 - 2006	2,1	26,4	24,3	109,0	68,0		
2007 - 2017	4,1	26,4	22,0	99,0	62,0		
2018 - 2019	8,9	26,4	17,5	78,0	49,0		
2001-2019 средневзвешенные величины за период			22,1	99,0	62,0		
Суммарная дотация государством выпуска целлюлозных полуфабрикатов, полученных ЦБП с 2001 г. по 2019 г. за счёт сниженной попенной платы						10,9 млрд долл. США	1,7 млрд долл. США

Аналогично посчитаем дотацию государства всему ЛПК за вывозку делового леса в период 2001-2019 гг. в объёме 1,897 млрд м^3 при средневзвешенном снижении платы за 1 м^3

в размере 22,1 долл. США, тогда дотация составит 41,9 млрд долл. США или по 2,2 млрд долл. США в год.

Правительство России за 19 лет поддержало ЛПК страны снижением попенной платы за круглый лес, что сократило поступление средств в государственный бюджет на сумму 41,9 млрд долл. США, из которых 12,6 млрд долл. США от поддержки ЦБП только на производство волокнистых полуфабрикатов (целлюлоза и древесная масса).

5.4 Затраты на строительство лесных дорог в себестоимости древесного сырья

Другое слагаемое в себестоимости волокнистых полуфабрикатов – затраты на строительство лесовозных дорог, которые соединяют лесохозяйственные объекты и лесные массивы между собой с выходом на автодорожную сеть общего пользования и состоят из лесовозных магистралей, лесовозных веток, лесовозных усов и временных лесных дорог. В настоящее время в России протяженность лесных дорог на 1000 га лесного фонда составляет 1,2 км, что в 12 раз меньше требуемого значения в 15 км [32]. В связи с этим из-за низкой доступности лесных массивов транспортировка лесных грузов осуществляется на большие расстояния, до 200-250 км [33].

Сделаем упрощенную экспертную оценку стоимости дорог для обеспечения лесосырьём завода «в чистом поле», производящего 1,3 млн тонн беленой целлюлозы в год. При удельном расходе круглого леса 5 м^3 на тонну воздушно-сухой беленой целлюлозы потребуется 6,5 млн м^3 баланса.

При проведении сплошных рубок со средним запасом спелых и перестойных насаждений в РФ порядка 170 м^3/га [14] потребуется годовая вырубка с лесопокрытой площади 38000 га и по нормативам необходимо строительство 570 км дорог. Поскольку средняя стоимость дороги в РФ составляет 1,5 млн руб. за километр [33], затраты на строительство лесовозных дорог составят 855 млн руб. (13,1 млн долл. США) в течение года, по которым доставят 6,5 млн м^3 баланса. В этом случае затраты на дорожное строительство в пересчёте на доставку 1 м^3 лесосырья на площадку комбината, составят 131,5 руб./м^3 или 2,0 долл. США/м^3 (в 2019 г. 1 долл. США = 65 руб.). Отметим, затраты на строительство дорог по нормативу составляют 13,1 млн долл. США, но они с лихвой покрываются годовой дотацией государства для производства 1,3 млн т целлюлозы в 2019 г. более чем в восемь раз большем размере 114 млн долл. США (1,3 млн м^3 × 0,0875 млрд долл. США = 114 млн долл. США). Однако сегодня дороги строят в 12 раз меньше положенного норматива, следовательно, в нашем примере затраты составят всего 1,1 млн долл. США (13,1 : 12 = 1,1). Сущие пустяки, так поступает бизнес, для которого нет ничего личного, общественного, и, не дай Бог, государственного, обременённого выполнением законодательства, только деньги.

Увы, государство 19 лет позволяет бизнесу так относиться к себе. А следует напомнить, что лесные дороги создаются не только для вывозки леса, они необходимы для охраны, защиты и воспроизводства лесов. Другими словами, дороги нужны для правильного ведения лесного хозяйства, в том числе и для своевременной локализации лесных пожаров, поскольку 60 % общей площади погибших лесов связано с пожарами. Поэтому государство обязано требовать у бизнеса неукоснительно строить дороги по утверждённому нормативу, заниматься интенсивным лесовосстановлением, и для этого у него есть экономические рычаги, которые нужно использовать. Выполнение норматива строительства на 1 тыс. га [32] – наилучшая доступная технология строительства лесных дорог.

На следующий год будут выделены другие деляны и большинство дорог нужно построить заново, но это вопрос интенсивного лесопользования и с ежегодными затратами на строительство лесовозных дорог придётся считаться. Вопрос в другом, затраты на

строительство дорог по утверждённым нормативам, которые лягут на себестоимость 1 м^3 лесосырья в размере 2,0 долл. США, смехотворно низкие, если учесть, что государство в 2019 г. за счёт снижения попенной платы дотирует 1 м^3 круглого леса на 17,5 долл. США и остаток дотационных средств, после строительства дорог в полном объёме, составляет 15,5 долл. США/м^3.

Оценка показала, что низкая стоимость 1 м^3 заготовленной древесины основана только на низкой попенной плате, установленной государством, которая легко покрывает даже дополнительные затраты на строительство лесных дорог и позволяет отечественному древесному сырью быть очень конкурентоспособным. Но такая забота о бизнесе приводит к отсутствию у государства средств на ведение своего лесного хозяйства! Так, отчисления в Федеральный бюджет в настоящее время в среднем по России составляют 25 руб. с 1 га, что катастрофически недостаточно [34].

5.5 Конкурентоспособность российского леса определена государством, но не хозяйствующими субъектами

О высокой конкурентоспособности российского леса свидетельствует рис. 12, на котором представлены затраты на хвойную и лиственную древесину при производстве 1 т белёной целлюлозы в разных регионах РФ и некоторых странах мира (в 2012 г. курс доллара США варьировал около 31 руб. за 1 долл.).

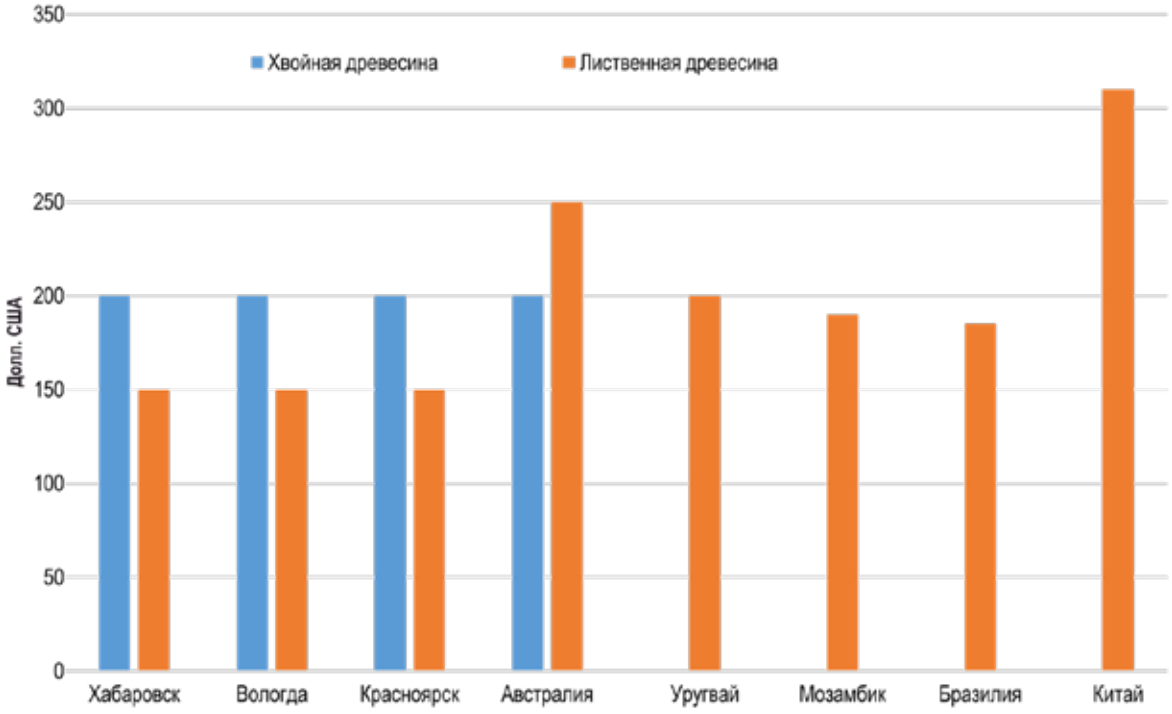


Рис. 12 – Стоимость хвойной и лиственной древесины для производства 1 т воздушно-сухой целлюлозы в регионах РФ и некоторых странах мира, 2012 г.

Необходимо пояснить, что указанная стоимость древесного сырья, используемого на производство 1 т белёной целлюлозы, включает стоимость заготовки, доставки на площадку (круглый лес + товарная щепа сторонних производителей), его приёмку, окорку круглого леса и его рубку в щепу, сортирование щепы. При расчёте в ценах 2012 г. получается, что если на 1 т белёной целлюлозы израсходовали 5 м^3 круглого леса, из которого получили 5 м^3 щепы (потери круглого леса при окорке и рубке не учитываем), то стоимость щепы на 1 т целлюлозы составит 6220 руб. (200 долл. США × 31,09 руб. = 6220 руб.) и 1 м^3 щепы стоит 1240 руб. Спасибо государству!

5.6 Смешанные леса России и задачи рационального использования пород древесины на стадии заготовки лесосырья и его транспортировки до потребителя

В табл. 5.3 представлен породный состав лесов России [35], который показывает многообразие породного состава российского леса.

Табл. 5.3 – Состав лесов России по породам леса

Порода	Площадь, млн га	Доля, %	Площадь, млрд $м^3$	Доля, %
Лиственница	263,3	41,3	22,9	32,0
Сосна	114,3	17,9	14,6	20,4
Ель	75,9	11,9	10,1	14,1
Кедр	39,8	6,2	7,6	10,6
Пихта	14,4	2,3	2,4	3,3
Берёза	87,7	13,7	8,5	11,9
Осина	18,9	3,0	2,7	3,8
Берёза каменная	8,4	1,3	0,75	1,0
Дуб	6,8	1,1	0,77	1,0
Липа	3,0	0,5	0,47	0,7

Примечание: относительно небольшую площадь занимают такие виды деревьев, как ольха (0,4 %), ива (0,2 %), бук (0,1 %), можжевельник (0,1 %).

В соответствии с этим, для максимально эффективной переработки всех древесных пород нужна современная организация подготовки и хранения лесосырья:

– разделение сырья по породам – хвойные, из которых лиственница и отдельно кедр отделены от остальных пород; у лиственных пород – осина отдельно от берёзы;

– сокращение продолжительности хранения и транспортировки леса с момента заготовки и до поступления в производство для сохранения естественной влажности.

В связи с максимальным содержанием древесины лиственницы в сибирском регионе необходимо менять отношение к ней как нежелательной второстепенной хвойной породе. Ситуация с переработкой древесины лиственницы в нашей стране аналогична проблемам предприятий, которые были в Северной Америке, где также преобладают смешанные леса, но на примере использования кедра. Древесина кедра ещё более смолистая, чем древесина лиственницы, и свойства волокна отличны от волокон других хвойных пород. Совместное использование кедра в смеси с другими хвойными породами – сосна, ель (отметим, что о лиственнице даже не говорится, поскольку она перерабатывается совершенно отдельно) – снижало качество и выход продукции. Со временем производители целлюлозы столкнулись с сильным давлением конкурентов, работающих на однопородной плантационной древесине эвкалипта и сосны Радиата и давлением со стороны потребителей, которые потребовали стабильных показателей качества в целлюлозе.

Эти требования заставили производственников обратить внимание на технологию переработки кедра отдельно. Так была внедрена раздельная переработка хвойных пород (сосна, ель, пихта) [94] отдельно от древесины кедра. Из 100 % древесины кедра стали варить специальный сорт целлюлозы.

Таким образом, были решены две задачи: во-первых, целлюлоза, получаемая из 100 % кедровой древесины, по своим потребительским свойствам оказалась на 100 долл. США/т дороже; во-вторых, была достигнута однородность показателей качества целлюлозы из оставшейся смеси хвойных пород (сосна, ель, пихта). Лиственницу перерабатывают отдельно для среднего слоя картона.

Поэтому качество продукции ЛПК начинается с раздельной поставки лесосырья на площадку перерабатывающего производства путём механической обработки или химической

переработки. Качество лесосырья также определяет его естественная влажность, которая сохраняется за счёт короткого периода времени между его заготовкой и переработкой.

В целом качество лесосырья для переработки определяют следующие факторы:

1. Качество круглого леса:
   - на корню;
   - после рубки;
   - при переработке в зависимости от продолжительности хранения (отслеживание изменения влажности).
2. Собственные свойства древесины:
   - породный состав лесного фонда;
   - плотность;
   - длина волокна;
   - параметры усушки древесины;
   - содержание экстрактивных веществ;
   - характеристики сучков.
3. Технологическое оборудование и принятая практика его эксплуатации:
   - технология переработки;
   - техническое состояние оборудования;
   - технологические параметры производственных процессов;
   - учёт специфических особенностей каждой древесной породы.

6 Механическая переработка древесины

Россия по производству пиломатериалов находится в мире на четвертом месте, уступая США, Канаде и Китаю. Производство пиломатериалов в нашей стране выросло с 26,5 млн м^3 в 1995 г. до 42,7 млн м^3 в 2019 г. (рис. 13) [31].

Рис. 13 – Производство пиломатериалов в РФ, 1980-2019 гг.

Такой скачок объёма производства пиломатериалов обеспечило постановление Правительства 2007 г., по которому были введены приоритетные инвестиционные проекты

(ПИП) для перевода сугубо заготовительных предприятий на современное производство пиломатериалов. Нужно отметить, что в 2007 г. усредненные экспортные цены на хвойные пиломатериалы из России были примерно в 2 раза ниже, чем из США и Швеции, в связи с этим техническое перевооружение лесопиления на основе наилучших доступных технологий было крайне необходимо, поэтому в 2008-2018 гг. было реализовано 112 проектов. Так, в 2018 г. в Вологодской области уже 75 % заготовленного леса использовали для глубокой механической переработки и к 2024 г. планируется использовать все 100 % заготовленного леса для производства широкого ассортимента продукции от пиломатериалов до топливных брикетов при нулевой утилизация на полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО).

Несмотря на положительные сдвиги, по данным Минпромторга [36], масштабы мошенничества при реализации проектов впечатляют: инвесторы продолжают просто продавать круглый лес, получая ещё большую маржу от его продажи за счёт мер поддержки государства (получение леса без аукциона и с 50 % скидкой). Поэтому с начала реализации проекта статус ПИПов потеряли 70 «инвесторов»! У них суммарно были изъяты 47 млн м^3 лесосеки, что сравнимо с 20 % объёма заготовки в 2019 год.

Применение наилучших доступных технологий обеспечит высокое качество продукции и низкие производственные издержки. Однако только закупка оборудования, работающего по НДТ, при механической обработке древесины недостаточна. Новые производственные мощности потребуют соблюдения технологической культуры в использовании каждой древесной породы, включая её возраст и естественную влажность. Только в этом случае будет достигнут требуемый экономический результат. В частности, недопустима совместная переработка в смеси сосны и лиственницы. Лиственница обладает рядом уникальных свойств, например, высокой и неравномерной плотностью, которая при неправильно подобранной технологии производства вызывает существенные затруднения, в частности:

– гораздо чаще требуется заточка и чистка пил по сравнению с другими породами;

– низкий коэффициент срезающего усилия, что проявляется в разном применении шпона из-за разности в плотности ранней и поздней древесины;

– высокое содержание смолистых веществ (проявляется при погружении в горячую воду) приводит к смоляным затруднениям, особенно при переработке перестойной и сухой древесины;

– лиственница имеет пониженную влажность в ядровой части ствола, что приводит к быстрой потере её качества для механической обработки.

Эти особенности древесины лиственницы требуют наиболее короткого промежутка времени хранения от рубки до переработки. Для механической обработки наилучшее использование лиственницы в производстве высококачественного шпона и пиломатериалов, а для химической переработки лучше использовать в производстве целлюлозы, идущей в основной слой картона или в виде пушонки, необходимой для производства впитывающих материалов санитарно-гигиенического назначения.

Грамотное использование лиственницы особенно важно для сибирского региона, в котором она среди хвойных пород имеет преобладающее распространение. Если уже сейчас лиственницу не перерабатывать во всём объёме, а объём существующей заготовки в настоящее время в два раза меньше имеющихся запасов, то в недалёкой перспективе на переработку будет поступать древесина перестойной лиственницы (старше 200 лет), у которой большая доля ядровой древесины и низкая 23-25 % естественная влажность. При такой минимальной влажности происходят необратимые изменения, ведущие к растрескиванию торцов брёвен, миграции смолы к поверхности лущёного шпона, что затрудняет процесс качественной склейки фанеры и приводит в сушилках к смоляным затруднениям.

Для древесины лиственницы требуются специальные инструменты и технология обработки. В Канаде ещё в конце прошлого века стали выпускать из лиственницы *специальные* виды пиломатериалов и шпона. Так шпон из лиственницы используют в качестве красивого напольного покрытия, обладающего уникальными свойствами: прочностью, внешней привлекательностью, устойчивостью к гниению. Пиломатериалы из древесины лиственницы имеют наибольший спрос для производства полов, облицовочных материалов, оконных блоков, уличной мебели и т. д., чем из сосны. Тогда как для строительства, наоборот наибольшим спросом пользуются пиломатериалы из сосны.

С начала XXI века, в частности на Усть-Илимском ЛДЗ, налажено производство пиловочника из лиственницы. Однако огромные запасы лиственницы ещё ждут своего рационального и эффективного использования. Ежегодный объём заготовки ликвидной лиственничной древесины в РФ оценивают свыше 100 млн м^3, из которых более 95 % сосредоточено в Сибирском и Дальневосточном Федеральном округах. О том, что проблема переработки лиственницы не решается можно судить по товарной структуре экспорта в 2019 г: сосновые пиломатериалы составили 48,8 % от общего объёма, еловые – 35,8 %, прочие *хвойные* – 9,6 %; берёзовые и прочие лиственные – 5,7 % [37]. Таким образом, лиственница вместе с прочими хвойными породами в производстве пиловочника занимает около 10 %, тогда как её в породной формуле российского леса 32 %, а сосны в полтора раза меньше – 20 %.

Из изложенного ясно, что применение оборудования, работающего по наилучшим доступным технологиям, требует наилучшей доступной культуры производства *с разделением по породам* древесного сырья, что может обеспечить высокое качество продукции лесопиления, ресурсосбережение, и в итоге экономическую эффективность, достаточную для их окупаемости в приемлемые сроки.

В данном разделе не будем подробно останавливаться на всех современных проблемах механической переработки древесины, с которыми в сжатом виде можно ознакомиться в «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года» [6], подготовленной Министерством промышленности и торговли РФ.

7 Химическая переработка древесины

7.1 Целлюлозно-бумажная промышленность мира

Появление в 1989 г. глобальной информационной системы Интернета привело к затуханию эпохи бумаги как носителя информации, и началу эпохи электронных носителей информации. Однако при этом необходимо учитывать постоянное увеличение населения Земли, и если в 2017 г. оно составило 7,5 млрд человек, то к 2030 г. может достигнуть 10 миллиардов. В связи с этим потребность в бумажно-картонной продукции к 2030 г. будет устойчиво расти в сегментах сангигиенических бумаг (+19,4 млн т), тары и упаковки (+81 млн т), в производстве целлюлозы для химической переработки, тогда как объём мирового производства писчепечатных видов бумаги, начиная с 2000 г. продолжит снижение и сократится на 17,4 млн т к 2030 г.

По данным RISI ожидается рост всей продукции ЦБП с 440 млн т в 2016 году до 570 млн т в 2030 году, или на 30 %!

Такие тенденции спроса на продукцию ЦБП потребует от производителей вывода на рынок новых товаров, удовлетворяющих современному и перспективному уровню потребительских свойств в сегменте сангигиенических бумаг, тары, упаковки и целлюлозы для химической переработки.

7.2 Целлюлозно-бумажная промышленность России. Основные положения

Объёмы производства целлюлозы

В настоящее время доля России в мировом производстве целлюлозы составляет 4,3 % [38]. По прогнозу «Стратегии развития лесопромышленного комплекса» [6] к 2030 г. в России возможно увеличение объёмов производства ЦБП на 12,4 млн т, из них товарная целлюлоза – +11,0 млн т; СГИ – +0,6 млн т; упаковочная бумага и картон – +0,6 млн т; писчепечатные бумаги – +0,2 млн т. Экспорт целлюлозы вырастет на 10,6 млн т за счёт увеличения производства товарной сульфатной целлюлозы на 12,5 млн т при сокращении производства сульфитной на 0,23 млн т. Реализация данных планов по развитию ЦБП России [6] позволит увеличить налоговые поступления на 27 млрд руб. в 2030 г. и создать около 5 тыс. высокопроизводительных рабочих мест.

В начале XXI в. основные объёмы производства ЦБП в России в среднем были на 25 % ниже, чем в 1988 г., и только в 2016 г. объём варки целлюлозы в РФ достиг уровня 1988 г. Достигнутый объём варки получен только за счёт целлюлозы, идущей на производство бумаги и картона (рис. 14).

Рис. 14 – Производство целлюлозы в России, 1980-2019 гг.

Кроме того, отмечается более низкое качество российской целлюлозы: усредненные экспортные цены на беленую целлюлозу были ниже уровня цен шведских и финских поставщиков более чем на 20 %.

Для сравнения в 2019 г. в Финляндии [41] произведено 11,6 млн т древесной массы и целлюлозы, из которых 3,3 млн т – древесная масса и 8,3 млн т – целлюлоза (рис. 15).

Отметим, что с начала века в Финляндии производство целлюлозы выросло более чем на 1,2 млн т и в 2019 г. составило 8,32 млн т, что на 1,5 млн т больше, чем в нашей стране (6,80 млн т).

В связи с падением в мире спроса на писчепечатные виды бумаг в Финляндии закономерно снижается производство древесной массы, которая используется в композиции бумаг для повышения непрозрачности и улучшения печатных свойства листа. Поэтому с начала века объём производства древесной массы в Финляндии к 2019 г. сократился на

1,5 млн т. Разновекторные тенденции в производстве полуфабрикатов Финляндии практически нивелировали потери суммарного объёма выпуска целлюлозы и древесной массы.

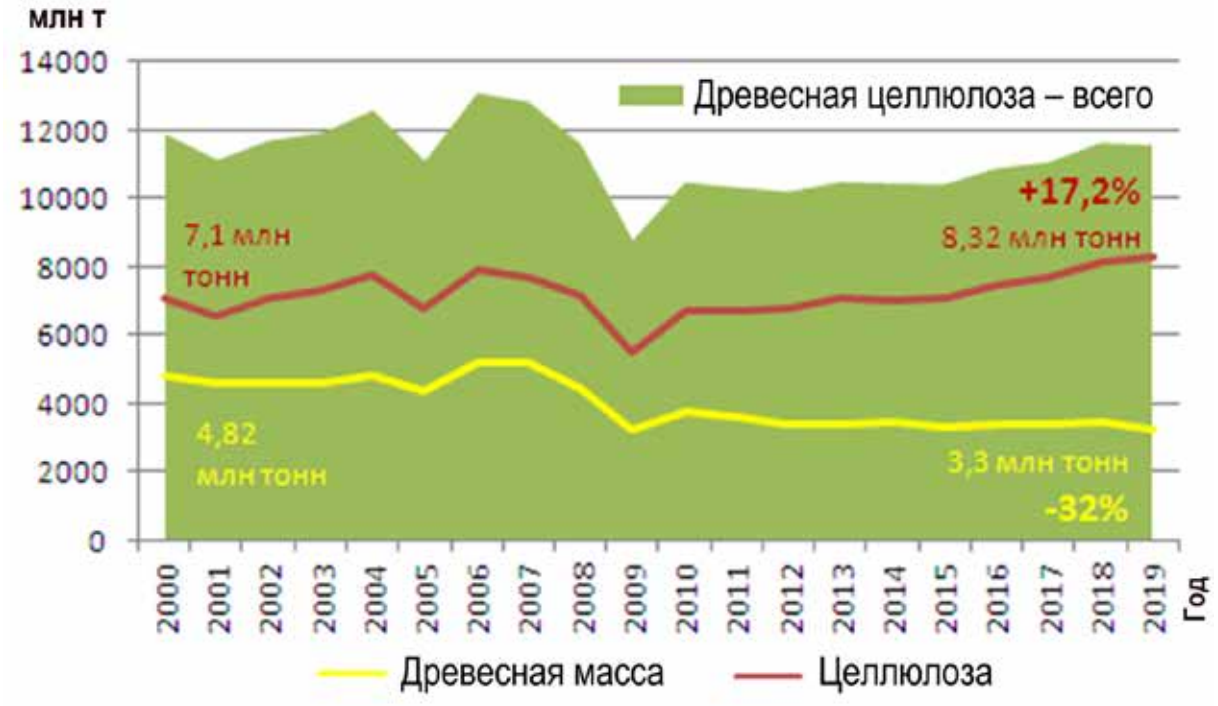


Рис. 15 – Производство древесной массы и древесной целлюлозы в Финляндии, 2000-2019 гг.

Объёмы производства бумаги и картона

В России за последние 6 лет производство бумаги и картона возросло на 1,5 млн т и в 2019 г. составило 9,13 млн т, что на 0,5 млн т больше, чем в 1988 г., на пике производства в советскую эпоху – 8,58 млн т [31] (рис. 16).

Рис. 16 – Производство бумаги и картона в России, 1980-2019 гг. [31]

Примечание: в 2010 г. произошли существенные изменения в группе товаров, которые считаются бумагой и картоном. Поэтому из группы «картон» перешло в группу «бумага» примерно 600 тыс. т продукции. Начиная с 2017 г. группы «бумага» и «картон» в данных Росстата упразднены, остались только отдельные разновидности (например, бумага офсетная, тарный картон и т. п.). В связи с этим, начиная с 2010 г., на рисунке представлены суммарные данные по производству бумаги и картона.

В России экспортная выручка от продажи конечной продукции – бумаги и картона – в 2019 г. составила 2,04 млрд долл. США, что в два раза больше, чем от продажи полуфабриката – целлюлозы (1,07 млрд долл. США), – и это хороший показатель в структуре экспорта. Необходимо и далее увеличивать долю продажи конечной продукции относительно доли полуфабрикатов. Например, в Финляндии из 100 % произведённой целлюлозы за рубеж продаётся 30 %, а из 100 % произведённой бумаги и картона – 90 % идёт на экспорт.

Отметим, что страны Европы с численностью населения 0,745 млрд человек имеют суммарные мощности по производству бумаги и картона 103 млн т, из которых 37 млн т в Финляндии, и Китай с численностью населения в два раза выше (1,439 млрд человек) имеет такие же производственные мощности 103,5 млн т, поэтому не вызывает сомнений дальнейший рост производства бумаги в Китае.

7.3 Структура производственных мощностей в ЦБП

В 2018 г. в ЛПК на территории России действовали 132 целлюлозно-бумажных предприятия, из которых около 20 ведущих предприятий, производящих свыше 100 тыс. т продукции в год [95] представлены в 10 субъектах Российской Федерации (рис. 17). Пять крупнейших производителей целлюлозы: филиалы АО «Группа «Илим» в г. Коряжме (1,3 млн т), в г. Братске (1,2 млн т), и в г. Усть-Илимске (0,82 млн т), АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» (1,2 млн т) и АО «Архангельский ЦБК» (0,8 млн т). В 2017 г. после завершения модернизации на АО «Сегежский ЦБК» объём варки целлюлозы превысил 400 тыс. т в год. Так выглядит шестёрка крупнейших производителей страны, тогда как остальные целлюлозные предприятия России имеют производительность значительно ниже – от 30 до 100 тыс. т [39].

Рис. 17 – Карта-схема расположения ведущих предприятий ЦБП России

Структура предприятий ЦБП России и производство продукции в 2018 г. [40] представлена на рис. 18. Показано, что на 18 предприятиях с годовой производительностью более 100 тыс. т. произведено 82 % продукции, на 15 предприятиях с годовой мощностью 50-100 тыс. т выработано 9 % продукции, а на 99 предприятиях мощностью менее 20 до 50 тыс. т также произведено 9 % продукции.

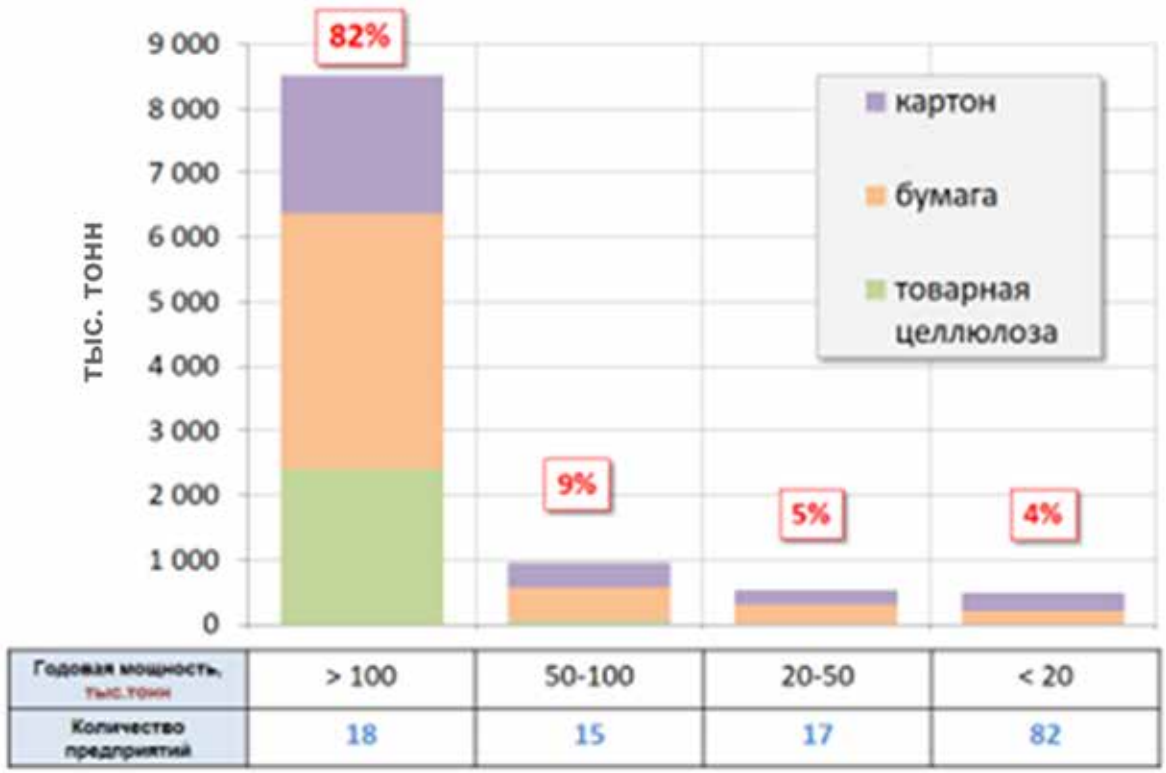


Рис. 18 – Структура предприятий ЦБП России и производство продукции в 2018 г. [40]

Представленные на рис. 18 градации производственных мощностей производителей целлюлозы в современных условиях требуют дополнительной дифференциации на сверхкрупные предприятия от 400 тыс. до 1,2 млн т и выше, выпускающие сульфатную целлюлозу и древесную массу. В этом случае шесть крупнейших производителей целлюлозы в России за год выработали 5,5 млн т или 73 % всех целлюлозных полуфабрикатов страны, тогда как остальные (производительностью до 100 тыс. т) – 22,5 % полуфабрикатов; вклад сульфитцеллюлозных предприятий составил 4,5 %.

Такое дифференцирование необходимо, поскольку в современных условиях минимальная годовая производственная мощность не может быть менее 0,250 млн т на существующих площадках, и для новых производств от 1 млн т до 1,5 млн т. Это показатель финансовой стабильности предприятия и его кредитоспособности, которая понадобится для получения заёмных средств, необходимых для модернизации производства на основе НДТ.

В табл. 7.1 представлена доля производства основных видов целлюлозных полуфабрикатов, выпускаемых в РФ (данные Росстата).

Табл. 7.1 – Данные Росстата по производству основных видов целлюлозных полуфабрикатов, выпускаемых в РФ

	Наименование продукции	Объём производства	
		тыс. т	%
1	Сульфатная целлюлоза	5125,7	68,3
2	Сульфитная целлюлоза	337,0	4,5
3	Древесная масса	2040,5	27,2
	Всего:	7503,2	100

7.4 Примеры организации перехода зарубежных предприятий на НДТ

Мировая практика показала, что решение задач повышения ресурсоэффективности и сокращения негативного воздействия на окружающую среду любой производственной деятельности прежде всего должно происходить в основной технологии производства. Поэтому высокие технологические требования НДТ в каждом звене производственной цепи уменьшают нагрузку на природу и *снижают производственные издержки.* Таким образом, наблюдается баланс интересов, когда цели бизнеса и защиты природы совпадают. К сожалению, это бывает не всегда и определяется «ценой вопроса», либо политической конъюнктурой. В любом случае, бизнес заинтересован в снижении материальных затрат, что и определило в 2010-х гг. постепенный переход ведущих отечественных предприятий на НДТ уровня 1995 г.

В нашей стране проблема модернизации небольших градообразующих целлюлозных предприятий (производительностью 30-100 тыс. т) назрела уже давно и её нужно планомерно решать, чтобы не вызвать социальной напряжённости в регионах. За границей такие предприятия либо перепрофилируют, закрывают, или строят современные большой мощности, чтобы окупить проект реконструкции для перехода на НДТ, обеспечивающие экономическую эффективность, экологическую безопасность производства и жизнь региона. Например, в Китае [42] в 2011 г. закрылись одновременно мощности по производству 8,2 млн т целлюлозы и бумаги, которые не соответствуют экологическим нормам. По производству волокон в их число вошли: производство древесной массы (менее 51 тыс. т в год); целлюлозы из недревесного растительного сырья (менее 34 тыс. т) и макулатурной массы (менее 10 тыс. т). В производстве бумажно-картонной продукции закрыты мощности бумагоделательных машин (БДМ) по производству бумаги для письма и печати с шириной сетки менее 1,76 м и скоростью ниже 120 м/мин, и картоноделательные машины (КДМ), производящие картон лайнер и флютинг с шириной сетки менее 2 м и скоростью ниже 80 м/мин.

Нужно отметить, что в Китае создан фонд, из которого дотируются компании, участвующие в модернизации отрасли.

7.5 Проблемы перехода на НДТ для предприятий в нашей стране

Для шестёрки крупнейших российских производителей целлюлозы проблемы перехода на НДТ будут успешно решены, тем более что уже многое сделано для снижения производственных издержек и улучшения качества продукции. Остаётся проблема мелких предприятий. В частности, производство сульфитной целлюлозы в настоящее время составляет всего 0,337 млн т в год. В «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года», подготовленной Министерством промышленности и торговли РФ, планируется сократить производство сульфитной целлюлозы на 0,23 млн т. Другими словами, должны закрыться все мелкие предприятия производительностью ~30 тыс. т в год, и согласно арифметическому действию вычитания по плану должен остаться один из двух заводов, производящих в год по 100 тыс. т сульфитной целлюлозы (это либо Сясьский ЦБК, либо Кондопожский ЦБК). Государство субсидирует такой объём выпуска сульфитной целлюлозы по статье «Попенная плата» в размере 13,3 млн долл. США в год каждое. Хватит ли таким небольшим предприятиям этих средств для модернизации и смогут ли они найти заёмные средства для модернизации?

Целлюлозно-бумажная промышленность является исключительно капиталоёмким производством. Например, капитальные затраты на строительство нового завода в Европе, производящего 550 тыс. т беленой целлюлозы, составляют 1,1 млрд долл. США, со сроком окупаемости 15 лет [43]. Затраты на строительство завода в «зелёном поле» для производства 1,3 млн т/год белёной целлюлозы в Сибири составляют 2,5 млрд долл. США [33] со сроком

окупаемости 15 лет. Продолжительность жизни предприятий 30-40 лет служит гарантией окупаемости инвестиций в течение первых 15 лет, а в течение последующих 15 лет – получения прибыли на уровне выше инвестиций, но для этого требуется привлекать значительные средства на длительный период.

Поскольку перевод предприятия с технологической платформы 1980-х гг. на НДТ потребует строительства нового завода на существующей площадке с имеющейся инфраструктурой, примем, что затраты на такую модернизацию потребует 1,1 млрд долл. США. Для строительства нового завода в «зелёном поле» потребуется с учётом инфраструктурных проектов 2,5 млрд долл. США.

Смогут ли Сясьский ЦБК и Кондопожский ЦБК найти 1 млрд долл. США для модернизации производства, чтобы соответствовать НДТ?

Так по отчёту АО «Кондопожский ЦБК» имеет уставной капитал 6,9 млрд руб. и прибыль за 2018 г. в размере 2,6 млн руб., полученную при выручке 1,5 млрд руб. Эти данные свидетельствуют, что производственные затраты на выпуск товарной продукции чрезвычайно высоки, и он работает на грани выживания. Поэтому найти средства для модернизации без помощи государства АО «Кондопожский ЦБК» не сможет.

Ситуация на ОАО «Сясьский ЦБК» существенно хуже. Построенный ещё в 1928 г. как крупнейшее предприятие в Европе по выпуску сульфитной целлюлозы производительностью 100 тыс. т в год, до настоящего времени комбинат *не изменил* технологию своего производства, что приводит к значительным выбросам и сбросам сернистых соединений в окружающую среду. Так после окончания варки целлюлозы на операции выдувки сваренной массы из котла все работники покидают здание варочного цеха, поскольку масса поступает в открытые бассейны – сцежи. Хозяева комбината вкладывают деньги в «товарный конец», т. е. в современное бумагоделательное оборудование, обеспечивающее выпуск востребованной санитарно-гигиенической бумаги из целлюлозы, которую получают по технологии, разработанной ещё 100 лет назад.

В сложившейся ситуации государство действует в соответствии с принятой стратегией развития лесопромышленного комплекса до 2030 г. Переход на НДТ неукоснительно осуществляется во всех сферах ведения лесного хозяйства, на крупных предприятиях и холдингах.

Переход малых и средних предприятий на НДТ по существующему профилю работы *невозможен по экономическим причинам*. Об этом надо прямо говорить руководителям и хозяевам предприятий: полученное сегодня КЭР – это только временная отсрочка деятельности, которую даёт государство для принятия решения о дальнейшей судьбе предприятия.

В основном такие предприятия являются градообразующими, поэтому следует рассматривать варианты их перепрофилирование на выпуск других востребованных на рынке видов продукции (необязательно ЛПК). Перепрофилирование позволит использовать для нового производства элементы существующей промышленной площадки, включая силовые подстанции, дороги и железнодорожные ветки, очистные сооружения, и, что очень важно, опытные производственные кадры для переподготовки. Это сократит затраты и время на перепрофилирование, которое будет осуществляться на основе НДТ и обеспечит рабочие места на новом производстве.

Нельзя повторить печальный опыт хаоса с закрытием предприятий в 1990-е гг., по существу, разграбленных и до основания разрушенных. Нужно бережно относиться к людям, рабочим местам и материальным ценностям. Работу по перепрофилированию, цель которой – строительство на существующей площадке современного производства – бизнес должен начать уже сегодня. Государство для таких предприятий должно разработать механизм содействия перепрофилированию.

Нужно отметить, что такую работу необходимо проделать в кратчайшие сроки, поскольку только предпроектные (оценочные работы) могут занять более 1 года.

7.6 Ассортимент товарной целлюлозы, выпускаемый отечественными ЦБК

Как уже отмечено, в начале XXI в. основные объёмы производства ЦБП в России в среднем были на 25 % ниже, чем в 1988 г., и только в 2016 г. объём варки целлюлозы в РФ достиг уровня 1988 г. за счёт роста объёмов производства целлюлозы для бумаги и картона. А почему так долго рос объём варки? Низкий объём варки в XXI в. связан с выбыванием мощностей по производству целлюлозы для химической переработки, в котором для получения 1 т целлюлозы нужно на 30 % больше древесного сырья, и соответственно объём варки будет на 30 % больше, чем целлюлозы для бумаги.

Производство и применение целлюлозы для химической переработки в мире и СССР

В сентябре 2013 г. в России был закрыт Байкальский ЦБК, последний, производивший целлюлозу для химической переработки. Эта целлюлоза – сырьё для получения искусственных волокон (вискозных, ацетатных, текстильной нити, технической нити), для производства простых и сложных эфиров целлюлозы, вырабатываемая по сульфитному и сульфатному способу варки с предгидролизом.

В табл. 7.2 приведена структура выпуска продукции в СССР [44]. Нужно отметить, что мировое производство целлюлозы для получения эфиров, по мнению представителей норвежской фирмы «Боррегард» [45] (одного из ведущих производителей целлюлозы с годовым оборотом 4,9 млрд долл. США), составляет 0,8 млн т в год, или 18 % от всего выпуска целлюлозы для химической переработки. Помимо традиционных потребителей эфиров целлюлозы, это и добыча нефти, и производство стиральных порошков, строительных сыпучих смесей и т. д.; в XXI в. начинается производство новых жизненно важных продуктов как из волокнистой, так и из порошковой целлюлозы. Одним из примеров является эфир целлюлозы – монокарбоксиметилцеллюлоза (продукт окисления целлюлозы оксидами), биологические и физико-механические свойства которой позволяют её использовать, например, в челюстно-лицевой хирургии (торговая марка «Оксицеланим») [46], этот эфир выпускается на Борисовском заводе медицинских препаратов (Республика Беларусь).

Табл. 7.2 – Виды целлюлозы для химической переработки и её производители в СССР [44]

Целлюлоза для химической переработки	Производитель	Назначение
Сульфатная предгидролизная:		
–холодного облагораживания	Байкальский ЦБК	Техническая нить (корд)
– горячего облагораживания	Братский ЛПК	Высокомодульные волокна
– вискозная целлюлоза	Байкальский ЦБК	Вискозные волокна
Сульфитная целлюлоза:		
– вискозная	Приозерский ЦЗ,	Вискозное волокно, текстильная нить (шёлк)
	Светогорский ЦБК,	
	Котласский ЦБК,	
	Амурский ЦКК	
– для Na-КМЦ	Светогорский ЦБК	Na-карбоксиметилцеллюлоза
– ацетатная	Светогорский ЦБК	Ацетаты целлюлозы

Задача производства целлюлозы для искусственных (вискозных) волокон – получить химически чистую техническую целлюлозу, т. е. максимально свободную от других компонентов древесины – гемицеллюлоз, лигнина, смол и жиров, минеральных

компонентов. Поэтому процессы варки и отбелки ведут максимально жестко, чтобы убрать компоненты нецеллюлозного характера и при этом получить реакционно способную целлюлозу с требуемой степенью полимеризации (СП) для каждого вида продукции с СП не более 650 для вискозной целлюлозы или не менее 1000 для ацетатной. Появились и хлопкоподобные сорта технической целлюлозы, в которых степень полимеризации даже более 1400 при содержании альфа-целлюлозы 91-95 % [45].

Химическая чистота в беленой целлюлозе для вискозных волокон определяется следующими показателями:

– содержанием альфа-целлюлозы: по отечественному ГОСТ 24299-80 для сульфатной вискозной целлюлозы – 92,0 % (целлюлоза, которая не растворяется в растворах щёлочи 17,5 %-ной и 9,5 %-ной концентрации);
– содержанием смол и жиров – не более 0,08 %;
– содержанием золы – 0,08 %;
– содержанием зольных элементов: железа – 0,0008 %, кремния – 0,0030 %, кальция – 0,0075 %.

Кроме того, требуется поддерживать в определённых пределах следующие показатели:

– динамическая вязкость – в пределах от 9,0 до 11,0 мПа·с (от 90 до 110 мПа);
– реакционная способность – не более 80/11 % CS_2/NaOH.

По сульфитному способу получают высоковязкие марки целлюлозы (ГОСТ 5982-84) от 22,5±2,5 до 60 мПа·с (вискозная, для ацетилирования, для производства NaКМЦ – натрийкарбоксиметилцеллюлозы). По сульфатному способу – низковязкие сорта 9,0-11,0 мПа·с (вискозная целлюлоза) и целлюлоза для кордных нитей по ГОСТ 16762-82 высоковязкие сорта – 20,0±1,5 мПа·с. Такие различия в значениях показателя вязкости обусловлены более высокой реакционной способностью целлюлозы полученной сульфитным способом варки, тогда как для обеспечения реакционной способности предгидролизной сульфатной целлюлозы приходится снижать вязкость этой целлюлозы. Поэтому применяют более жёсткие условия проведения процесса сульфатной варки и отбелки сульфатной целлюлозы, чем сульфитной. В связи с этим целлюлозу для химической переработки целесообразно выпускать как *сульфитным*, так и *сульфатным способом с предгидролизом*, чтобы охватить весь спектр необходимых целлюлозных полуфабрикатов для химической переработки. В 1980-е гг. годовой выпуск общего объёма целлюлозы для химической переработки в СССР составлял порядка 800 тыс. тонн [47], и наша страна занимала второе место в мире после США, а доля СССР в мировом объёме производства вискозных и ацетатных волокон составляла 21 % [47].

Искусственные (вискозные) волокна по своим потребительским свойствам близки к натуральным – хлопку и льну. По данным расчётов, из 8 $м^3$ древесины сосны можно получить такое количество вискозы, для производства которой потребовалось бы собрать хлопок с площади 0,5 га или лен с площади 1 га. Таким образом, производство вискозных волокон освобождает земли сельскохозяйственного назначения для выращивания продовольственных культур, что является особенно актуальным с ростом населения Земли.

Помимо искусственных волокон, в мире (рис. 19) производят синтетические волокна (нити) из гетероцепных и карбоцепных синтетических полимеров в результате реакции полимеризации или поликонденсации. Исходным сырьём для производства синтетических волокон являются: этилен, бензол, фенол, пропилен и др., которые получают из нефтяных газов, нефти и каменноугольной смолы.

Однако искусственные волокна по некоторым свойствам (гигиенические, теплозащитные, гигроскопичность и др.) очень близки к натуральным.

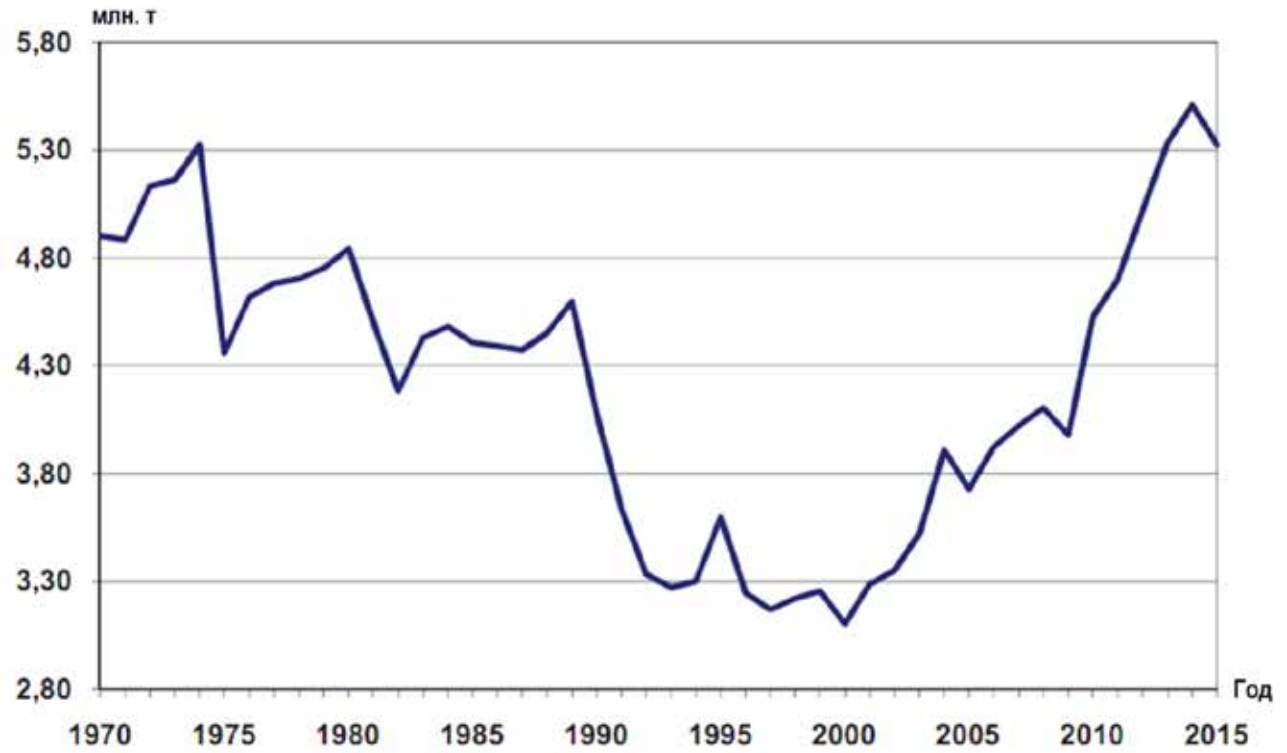


Рис. 19 – Мировое производство целлюлозы для химической переработки с 1970 г. по 2015 г. (по данным [48])

В середине 1980-х годов отмечалось [49], что себестоимость хлопкоподобного волокна (например, «Сиблон») не превышала себестоимости средневолокнистого хлопка и была почти в два раза ниже себестоимости тонковолокнистого. В табл. 7.3 представлены общие затраты на производство природных, искусственных и химических волокон и нитей.

Табл. 7.3 – Трудовые затраты на 1 тонну волокон и нитей в человеко-часах

Материал	Общие затраты	В том числе на производство	
		Исходного сырья	Волокна или нити
Хлопок	1660	-	-
Лен	1400	-	-
Шерсть мытая	7000	-	-
Натуральный шелк	35000	-	-
Вискозная текстильная нить	800	230	570
Капроновая нить	1400	210	1190
Вискозный штапель	150	90	60
Лавсан, штапель	340	170	170
Нитрон, штапель	225	140	85

Следует отметить, что в год в мире получают более 70 млн т волокон, из которых на хлопок, лён, пеньку, шерсть и натуральный шёлк приходится около 28 млн т. Максимально возможный объём получения природных волокон оценивается в 35 млн т, поскольку ограничением их производства являются посевные *площади* и *водные ресурсы*. Следовательно, сегмент рынка целлюлозы для химической переработки необходим сегодня, а с повышением численности населения Земли будет востребован даже в далёкой перспективе (рис. 20).

В нашей стране производственные мощности по выпуску целлюлозы для химической переработки, доставшиеся в наследство от СССР, закрыты и этот сегмент продукции ЦБП в РФ в настоящее время не производится.

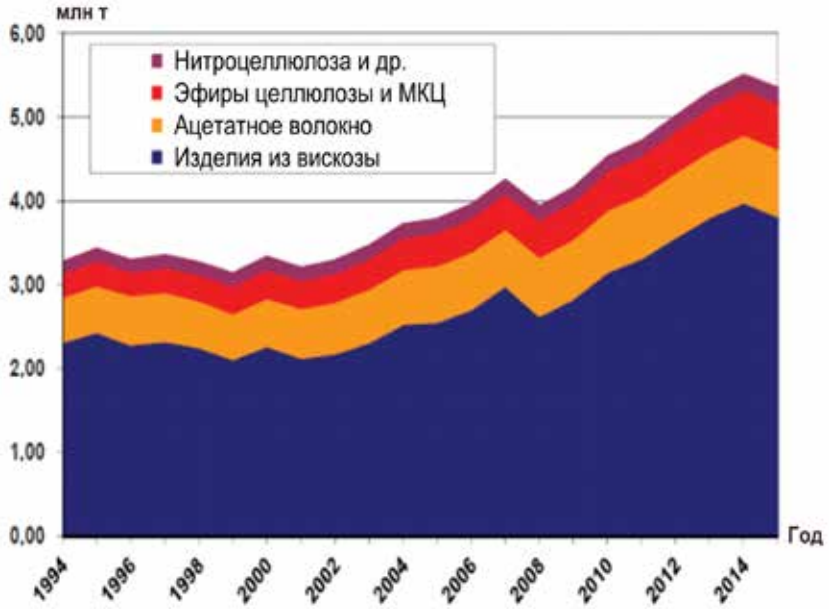


Рис. 20 – Общемировая структура производства и использования целлюлозы для химической переработки [48]

Причины закрытия производства целлюлозы для химической переработки в России

Можно назвать две основные причины, по которым в России стали закрываться производства целлюлозы для химической переработки. Во-первых, это недобросовестная конкуренция: Светогорский ЦБК, самое современное в СССР производство ацетатной и вискозной целлюлозы, после его покупки шведской фирмой было остановлено, а в Швеции в то же время возобновилось производство сульфитной вискозной целлюлозы. Во-вторых, это устаревшая технология остальных предприятий, изношенность фондов и, как следствие, значительное негативное воздействие на окружающую среду. С недобросовестной конкуренцией связано и нежелание вкладывать средства в планомерную, иногда непростую, реконструкцию производства, и его попросту закрывают, как это было на Братском (200 тыс. т) и Котласском (100 тыс.т) филиалах АО «Группа «Илим», 50 % акций которой принадлежит International Paper (США). В частности, перед закрытием Котласского ЦБК в 2008 г. на его оборудовании была проведена опытно-промышленная выработка с опробованной ранее в промышленности современной технологией отбелки [50], которая показала сокращение сброса загрязнений от отбельного цеха в Котласе на 30 %, но решение закрыть было уже принято...

Значимость этого предприятия оценим по реакции рынка. Так, если вискозная целлюлоза стоила 700-800 долл. США/т, то после его закрытия 2,2 тыс. долл. США/т и более. Процитируем «Стратегию развития лесопромышленного комплекса РФ до 2030 года»: «… Одной из важнейших характеристик текущего состояния ЛПК является его частный характер, который и задает вектор развития отрасли. Инвестиционные решения принимаются на основе оценки частным бизнесом привлекательности капиталовложений». И вновь подчеркнём: нет ничего личного, общественного, государственного, это просто бизнес, поэтому надеяться, что бизнес в ЛПК примет для себя решения с длинным сроком окупаемости по развитию лесных регионов, полному использованию заготовленной биомассы дерева или выпуска нужной стране продукции, а не в своих коммерческих интересах, как показала практика развития лесопромышленного комплекса за последние 25 лет, наивные заблуждения 1990-х гг.

Однако в мире есть другие примеры. В Австрии фирма «Ленцинг», расположенная вблизи курортного местечка, является одним из крупнейших в Европе производителей целлюлозы для химической переработки [48] по сульфитному способу варки. Закрытие

производств вискозной целлюлозы в РФ стимулировало фирму к 2010 г. производить 235 тыс. т вискозной целлюлозы, а когда-то на этом заводе производили всего 30 тыс. т. В качестве примера также можно привести завод в г. Умкомаас в Южно-Африканской Республике, принадлежащий фирме Sappi Saiccor, который производит 600 тыс. т вискозной целлюлозы [52]. Значит, можно расширять производство и не нарушать требования к минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

Если мировое производство целлюлозы для химической переработки в 2010 г. достигло 4,5 млн т [48], то Россия в том же году произвела всего 30 тыс. т на Байкальском ЦБК, который был полностью остановлен в сентябре 2013 г. *по экологическим причинам*. Конечно, строить завод на озере Байкал, жемчужине Сибири, было нельзя. Но завод построили. Посмотрим, как он работал. Так, по данным О. М. Кожовой и А. М. Бейма [53], которые в течение *десятилетия* проводили планомерные исследования и собирали информацию о вкладе Байкальского ЦБК в загрязнение озера Байкал, было установлено, что в мае 1986 г. от комбината поступало минеральных веществ 10,7 %, органических веществ – 4,8 %, взвешенных веществ – 0,03 % от общего поступления данного вида антропогенных веществ с водосбора (которое принято за 100 %) [53]. Эти показатели воздействия отражали использование уже устаревшей к тому времени технологии отбелки с молекулярным хлором. Позднее, в 90-х гг., Всероссийский научно-исследовательский институт бумаги (ВНИИБ) вносил технические предложения для решения проблемы экологической безопасности на Байкальском ЦБК путём поэтапной модернизации технологии отбелки [54, 55] и обосновал [56] использование на Байкальском комбинате технологической схемы без применения молекулярного хлора с применением кислородно-щелочной делигнификации (КЩО-Д-П-Д-Г-К), которая сокращает использование хлорсодержащих реагентов по сравнению с существующим уровнем на 45 %, а сброс загрязнений в очищенных стоках снижает по $БПК_5$ почти в 3 раза, ХПК в 2,5 раза, а адсорбируемых галогенорганических соединений (АОХ) – в 3 раза. В этом случае по показателям сброса загрязнений Байкальский комбинат при существующей системе очистки мог стать *самым лучшим на то время предприятием в мире.* Другими словами, его воздействие на Байкал от существующего уровня было бы сокращено в *три* раза, с ~10 % до 3,3 % вклада.

Байкальский ЦБК закрыли, но экологическая обстановка на озере не улучшилась [57]. Как предупреждали проектировщики и специалисты-технологи, останов комбината может создать угрозу озеру Байкал из-за отсутствия надлежащего технического обслуживания за оставленными производственными корпусами и картами-накопителями, содержащими отходы производства. Поэтому сразу после останова требуется безотлагательная рекультивация земли на участке расположения заводских корпусов и полигонов – на территории 780 га, что потребует более 1,5 млрд долл. США. Прошло уже больше шести лет, и только сейчас (в 2020 г.) начинается реализация проекта по рекультивации промплощадки [103].

Нужно отметить, после закрытия Байкальского ЦБК экологическая обстановка не могла улучшиться в силу очевидных причин: отсутствие очистных сооружений в посёлках вокруг Байкала, отсутствие нормально работающих очистных сооружений в городах на реках, впадающих в Байкал, например, на реке Селенге, в г. Улан-Удэ; трансграничный перенос выбросов с Иркутского и Братского алюминиевых заводов и т. д., как и было написано ещё в 1993 г. [53].

Подведём итоги. Закрыв БЦБК и сократив тем самым его загрязняющее воздействие (вспомним, вклад составлял ~10 %), Правительство разрабатывало план предотвращения сброса оставшихся 90 % загрязнений в озеро Байкал. Но для предотвращения экологической катастрофы Байкала от брошенной промышленной площадки Правительству надо срочно решать вопрос её рекультивации, стоимостью более 1,5 млрд долл. США.

Ещё один штрих к закрытию Байкальского ЦБК. Правительство Д. А. Медведева поручило подготовить материалы для принятия решения о судьбе комбината финскую фирму «Яакко Поури». Возникает вопрос, почему сугубо внутренние проблемы стала решать известная иностранная фирма? Ведь ассортимент продукции ЦБК затрагивает *стратегический нефтегазовый сектор, оборонную, химическую, медицинскую, пищевую и другие отрасли промышленности.* Стоит напомнить, что во времена СССР по кооперации республики выпускали, в частности, углеродную ткань, которая использовалась для обогрева скафандров космонавтов, в проекте «Буран» и т. д. Так, в РСФСР на Байкальском и Братском ЦБК производили сульфатную предгидролизную целлюлозу для кордных нитей и высокомодульных волокон (ГОСТ 16762-82), в Белоруссии из неё производили нити (в г. Могилёве), далее производили ткань, которую обжигали водородной горелкой с получением токопроводящей ткани. Следует отметить, что сегодня Республика Беларусь из-за закрытия в РФ производства кордной целлюлозы на Братском и Байкальском комбинатах сама вместе с китайской фирмой строит у себя целлюлозный завод с пуском в 2019-2020 гг. (первоначально планировали в 2017 г.), чтобы обеспечить своё высокотехнологичное производство углеродных тканей и поставлять такие ткани в США.

В 2016 г. заместитель министра торговли и промышленности В. Л. Евтухов оценил спрос на вискозную целлюлозу в РФ порядка 130 тыс. т [58], для удовлетворения «небольшого внутреннего спроса и поставки на экспорт». Экспортный потенциал вискозной целлюлозы, по его мнению, связан с политикой стран Азии и в частности Китая, направленной на сокращение площадей хлопковых плантаций и переориентацией на вискозную целлюлозу, что очевидно из-за необходимости увеличения площадей для выращивания продовольственных культур. В документе Министерства промышленности и торговли РФ «Направления развития лесопромышленного комплекса России» [6] отмечается необходимость расширения областей применения продуктов ЛПК на внутреннем рынке, включая применение целлюлозных волокон в различных отраслях промышленности. Однако о том, что конкретно намерено делать Правительство в этом сегменте, в документе не сообщается.

7.7 Оценка деятельности ЦБП в начале XXI века. Роль государства в поддержке ЦБП

Правительство России за период с 2001 г. по 2019 г. поддержало ЛПК за счёт снижения попенной платы за 1 м^3 круглого леса на 22,1 долл. США (средневзвешенная величина). За вывозку делового леса в эти годы в объёме 1,897 млрд м^3 дотация государства составила 41,9 млрд долл. США или по 2,2 млрд долл. США ежегодно.

В это же время на НИОКР лесопромышленного комплекса государство ежегодно тратило 0,01 % от ВВП ЛПК [6], что в денежном выражении составляет ~2,5 млн долл. США.

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) за 19 лет выработала 111 млн т целлюлозы и 27 млн т древесной массы. За выпуск этой продукции государство дотировало ЦБП в размере:

– 10,9 млрд долл. США на выпуск 111 млн т целлюлозы;
– 1,7 млрд долл. США на выпуск 27 млн т древесной массы.

Итого, ЦБП на выпуск целлюлозы и древесной массы по статье «Попенная плата» получили от государства дотации в размере 12,6 млрд долл. США.

Предоставленные государством дотации 12,6 млрд долл. США по объёму средств сопоставимы со строительством *пяти* ЦБК в «зелёном поле» производственной мощностью каждый по 1,3 млн т белёной целлюлозы в год и стоимостью 2,5 млрд долл. США с учётом строительства инфраструктуры, а это способствовало бы развитию лесных регионов и увеличению выпуска белёной целлюлозы на 6,5 млн т в год.

7.8 Хозяйственная деятельность бизнеса в целлюлозно-бумажной промышленности в 2001-2019 гг. (укрупнённо)

В данном периоде техническое развитие ЛПК России характеризуется следующими обстоятельствами:

– Только в 2016 г. объём варки целлюлозы в РФ достиг уровня СССР в 1988 г.

– Выбор развития ЦБП страны осуществляется бизнесом самостоятельно.

– Вклад ЛПК в ВВП России составляет 0,5 %, в глобальный лесной бизнес – 3 %.

– Объём инвестиций бизнеса в развитие производства равен объёму дотаций, полученному от государства за счёт снижения попенной платы.

– Не построено ни одного нового комбината в «чистом поле» (последний ЛПК в г. Усть-Илимске пущен в 1980 г.), следовательно, нет развития лесных регионов.

– АО «Группа «Илим» закрыла производство 100 тыс. т сульфитной вискозной целлюлозы на филиале в г. Коряжма и 200 тыс. т кордной целлюлозы в г. Братске.

Примечание: *Место на рынке вакантным не остаётся, и когда АО «Группа «Илим» закрывает производство, на Совете директоров Sodra Cell одобряются инвестиции в производство 170 тыс. т растворимой целлюлозы на целлюлозном заводе Sodra Cell Morrum в Швеции, вместо целлюлозы для бумаги, спрос на которую падает в результате развития цифровых средств массовой информации, тогда как спрос на растворимую целлюлозу будет расти [59].*

– Решением Правительства Медведева Д. А. в России остановлено производство вискозной целлюлозы на Байкальском ЦБК – 180 тыс. т в год (техническая нить (корд); вискозные волокна). В настоящее время брошенная промышленная площадка предприятия – угроза для экологической системы озера Байкал.

– Новые производственные мощности ЦБП создаются и продолжают строиться на уже существующих производственных площадках, на которых создаются новые технологические линии полного цикла от подготовки щепы до упаковки товарной продукции. Такой подход сокращает бизнесу капитальные затраты на инфраструктурные проекты (новые электрические сети, дороги; жилищное строительство и т. д.). Однако такой подход истощает доступную лесосырьевую базу и не развивает другие лесные регионы страны.

– Созданы и продолжают создаваться производственные кластеры, в которых произведённая целлюлоза и картон перерабатываются в тару и упаковку, санитарно-гигиенические виды продукции на своих предприятиях, расположенных недалеко от потребителя.

– Лесопромышленный комплекс перерабатывает ~60 % биомассы заготовленной древесины, что снижает экономическую эффективность ЛПК в два раза.

– Протяжённость лесовозных дорог не соответствует нормативу и вместо 15 км дороги на 1 тыс. га леса строится лишь 1,2 км. Низкая плотность дорог не обеспечивает потребности ведения лесного хозяйства, в том числе охраны лесов от пожаров.

– Не применяется интенсивное восстановление лесов после проведения сплошных рубок. Только в последние годы стали использовать частично искусственное лесовосстановление в очень скромном объёме, плантационное выращивание отсутствует. Накопленная площадь невосстановленных лесов (обезлесенная территория) более 1,4 млн га, что по площади сопоставимо с государством Черногория.

– В 2019 г. три крупных предприятия произвели по 1 млн т целлюлозы и более, по опубликованным данным в ближайшее время таких предприятий миллионников на существующих промышленных площадках станет пять.

– Только одно крупное предприятие не имеет кислородно-щелочной делигнификации (КЩД) – Архангельский ЦБК. На этом предприятии в отбельном цехе замещают молекулярный хлор на диоксид хлора (данная технология не полностью

соответствует принципам НДТ ИТС 1-2015, поскольку весь сток отбельного цеха поступает на очистные сооружения, а не в систему регенерации химических реагентов).

– Только в 2019 г. Архангельский ЦБК последним из крупных предприятий исключил использование гипохлорита натрия в отбельном цехе и перешёл на использование пероксида водорода.

– На 2-х крупных предприятиях – Братском ЛПК и Усть-Илимском ЛПК (филиалы АО «Группа «Илим»), несмотря на внедрение КЩО, используют молекулярный хлор, что сказывается на повышенном уровне сброса АОХ в окружающую среду и давно запрещено в Европе.

– Низкие производственные мощности небольших целлюлозных предприятий (30-100 тыс. т в год [39]), изношенность оборудования, резко снижают их конкурентоспособность и реально не могут обеспечить справедливо повышающиеся экологические требования за счёт внедрения НДТ и нуждаются в перепрофилировании.

Выводы:

1. Только в 2016 г. ЦБП России по основному показателю отрасли – объёму сваренной целлюлозы – догнала уровень 1988 г., который был достигнут в СССР.

2. Отечественный бизнес (целлюлозно-бумажная отрасль), в отличие от зарубежного, чаще всего не имеет стратегии своего развития на долгосрочную перспективу.

3. Государству необходимо доработать принятую стратегию развития лесопромышленного комплекса до 2030 г. с учётом развития лесных регионов на основе НДТ: 100 % переработки заготовленной биомассы дерева и прекращения продажи необработанного леса, сформулировать бизнесу перечень тактических хозяйственных задач для развития регионов на основе НДТ.

4. Бизнес, идущий на выполнение государственных задач по развитию лесных регионов, получает преференции государства (в том числе и сниженную попенную плату). Остальные Компании *вносят в бюджет государства попенную плату на уровне зарубежных конкурентов,* как говорится, ничего личного, только бизнес в интересах государства.

5. Нужна государственная программа содействия небольшим целлюлозным предприятиям (30-100 тыс. т в год [40]) для перепрофилирования на выпуск иного вида продукции на основе НДТ за счёт средств бюджета от получения в полном объёме попенной платы.

7.9 Лесная промышленность России в международной торговле

К сожалению, наша страна занимает значимую долю в мировой торговле ЛПК продукцией только низких переделов, что демонстрирует табл. 7.4 [37]. Значительную долю на рынке (более 11 %) занимает продажа необработанной древесины – самого дешёвого вида продукции.

Табл. 7.4 – Объём продаж товаров низких переделов ЛПК на мировом рынке в 2018 г. и доля России в этом объёме по товарным позициям

Продукция ЛПК низких переделов	Объём мирового рынка в 2018 г. по товарным позициям, млрд долл. США	Доля России по товарным позициям на мировом рынке, %
Деловая древесина (необработанная)	262,6	11,2
Упаковочные материалы	208,5	2,5
Пиломатериалы	134,8	8,7
Топливная древесина	134,2	0,9
Целлюлоза	94,4	4,3
Фанера	87,7	2,5

Поясним ущербность структуры экспорта российского ЛПК на простых и понятных примерах, представленных на рис. 21. Если продать круглый лес, полученную прибыль примем за 1, продажа целлюлозы, из проданного леса, даст прибыль в 5 раз больше; продажа бумаги в роллях (бобинах) даст прибыль в 10,2 раза больше продажи круглого леса; если бумагу в роллях нарезать на форматы и упаковать прибыль будет в 14,6 раз больше продажи круглого леса.

Рис. 21 – Увеличение прибыли от продажи продукции глубокой степени переработки бумаги относительно круглого леса

Понятно, что если страна хочет получить больше прибыли, то она должна исключать продажу круглого леса и продавать как можно меньше целлюлозы, чтобы не обеспечивать сверхприбыль производителям конечной продукции, а производить её самим.

Обратим внимание, что в «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года», подготовленной Министерством промышленности и торговли РФ, заложена до 2030 года *ежегодная поставка круглого леса в объёме 22 млн м^3* в Швецию, Финляндию и Китай. Суммарно за 13 лет будет вырублено и поставлено на экспорт 280 млн м^3 деловой древесины. Это очень много, поскольку весь объём заготовки нашей страны в 2016 г. составил всего 214 млн м^3. Таким образом, планируется за рубеж продать в 1,3 раза больше древесины, чем страна заготовила за 2016 г.

Поставленная страной деловая древесина обеспечит сверхприбыль зарубежным партнёрам, поскольку, купив деловой древесины, например, на 4,7 млрд долл. США они произведут продукции в стоимостном выражении не менее чем на 23,5-47 млрд долл. США и часть продадут нам. По целеполаганию данной «Стратегии …» её название можно дополнить словами: «… и поддержки ЛПК Швеции, Финляндии и Китая», продолжая разбазаривать лесную кладовую России сплошной вырубкой с лесопокрытой площади суммарно в квадрате 130 км × 130 км. Как здесь не вспомнить Петра I и его повеление Сенату о запрете свободной торговли на поташ и смолу, производство которых оставалось под казённым ведомством ради «сбережения лесов от излишней утраты» [60].

Объём производства целлюлозы в России в 2016 г. составил 8,2 млн т (8 место в мире). Большая часть целлюлозы перерабатывается в товарную продукции в стране и на экспорт направляется 2,1 млн т целлюлозы или 26 % от объёма производства и это хорошо для структуры экспорта, в частности и в Финляндии её поставки на экспорт составляют до 30 %. Однако по «Стратегии …» предполагается увеличение производства товарной целлюлозы до 20,6 млн т, из них на экспорт направить 10,6 млн т, или 50 %.

Из рисунка 20 понятно, как нужно торговать продукцией лесной промышленности. Поэтому по данному проекту «Стратегии …» наша страна остаётся только экспортёром дешёвого круглого леса и волокнистого сырья, а не производителем конечных видов продукции, которые дают прибыли в разы больше. С этой точки зрения в этом вопросе «Стратегия …» направлена на дальнейшую стагнацию ЛПК, что ещё раз подтверждает отсутствие идей у Правительства для выхода из затянувшегося кризиса в ЛПК.

7.10 Переход на наилучшие доступные технологии и технологическая культура отрасли

Технологии на основе НДТ отличаются от технологической платформы производства белёной целлюлозы 1980-х гг. существенным снижением материальных затрат на всех технологических переделах.

Подготовка щепы из круглого леса. В 2005 г. показано [61], что на большинстве российских предприятий из-за устаревшей технологии и оборудования для окорки круглого леса и рубки щепы удельный расход годной древесины на производство щепы на 3 % выше, чем, например, в Финляндии. Если примем, что на 1 т товарной сульфатной белёной целлюлозы в Финляндии требуется 5 $м^3$ круглого леса, то его удельный расход на предприятиях РФ за счёт увеличенных потерь только при подготовке щепы составляет уже 5,15 $м^3$ на 1 т (на 0,15 $м^3$/т выше). Для производства 1 млн т товарной целлюлозы в год необходимо для покрытия потерь от подготовки щепы дополнительно поставить 150 тыс. $м^3$ круглого леса.

Варка и отбелка целлюлозы. В 2005 г. на большинстве отечественных предприятий в процессе варки было выше количество непровара на ~1,5 %, а химические потери при отбелке целлюлозы из-за использования традиционных ещё в 1960-е гг. отбеливающих реагентов – хлора и гипохлорита были на ~1,7 % больше, чем на предприятиях, работающих по НДТ с использованием кислородно-щелочной делигнификации и пероксида водорода. Для покрытия потерь древесины в варочном и отбельном цехе требуется дополнительно поставить 160 тыс. $м^3$ круглого леса.

Суммарно на российских предприятиях для производства 1 млн т беленой целлюлозы за счёт дополнительных потерь при подготовке щепы, в процессах варки и отбелки требуется на 310 тыс. $м^3$ баланса больше, чем в Финляндии [62]. Это при сплошной вырубке потребует площадь леса на 1800 га, или в квадрате 4,2 км × 4,2 км.

В данном расчёте приведены только дополнительные затраты древесины, а к ним нужно добавить дополнительные затраты на функционирование производственных линий (энергоресурсы, вода, труд) для дополнительной выработки из круглого леса щепы, а также на варку и отбелку целлюлозы.

Начиная с 2010-х гг., необходимость существенного повышения ресурсоэффктивности и снижения издержек производства стимулировала крупный бизнес к постепенному переходу на наилучшие доступные технологии. Однако на многих отечественных предприятиях снижения материальных затрат до уровня зарубежных производителей, использующих аналогичные технологии, не произошло. Кроме использования современных машин для заготовки древесины и современного оборудования для его переработки по технологии НДТ необходима доступная технологическая культура использования каждой породы древесного сырья [98,99].

Ранее мы отмечали многообразие формулы породного состава всего российского леса: 32 % – лиственница, 20 % – сосна, 15 % – ель, 10 % – кедр, 3 % – пихта, 13 % – берёза, 5 % – осина, 1 % – дуб, 1 % – прочие. Сегодня большая часть хвойной белёной целлюлозы в России производится *в смеси из всех имеющихся в лесосырьевой базе хвойных пород,* некоторые из которых, имеют существенное различие в базисной плотности и поэтому должны вариться раздельно (например, лиственница), о чём написано в известной книге – учебнике Юрия Николаевича Непенина «Технология целлюлозы». Кроме того, к хвойным породам иногда добавляется ещё 10% лиственной древесины в смеси осина-берёза. Всё это снижает качество и стоимость хвойного белёного волокна на рынке на 20 % и более.

Такое положение дел связано не с технологами, а с современной системой управления производством из центрального офиса, основанного на соблюдении уровня «денежного потока» и с горизонтом планирования управляющего компанией на пять лет (срок

контракта). О каких новациях в технологии, направленных на экономию *дешёвого* для бизнеса лесосырья может идти речь, пусть даже они с лихвой окупятся, но это уже будет за периметром контракта. Таким образом, задача управляющего компанией поддерживать любой ценой требуемый хозяевами уровень денежного потока, формированию устойчивости которого, способствует само государство с дотацией на древесное сырьё по статье «Попенная плата».

Поэтому наведение должной технологической культуры на производстве по отношению к древесному сырью находится в руках государства, которое введением попенной платы в полном объёме заставит бизнес бережно относиться к нашему достоянию – лесу. В этом случае наш бизнес будет поставлен в одинаковые условия с зарубежным, у которого такая культура отношения к лесу уже в крови и давно привита ему государством на законодательном уровне.

Поясним причину снижения качества волокон в листе бумаги упрощённо с использованием современной теории варёных макарон, по которой волокна сосны тонкостенные и после варки они при прессовании превращаются в ленточки, которые имеют значительное число контактов между собой. Эти контакты и предопределяют высокие механические свойства бумажного листа (рис. 22 А). Как указано в подрисуночной надписи к структуре отливки бумажного листа из 100 % сосновых волокон он имеет высокую разрывную длину 10 тыс. м. На рис. 22 Б представлена структура листа из волокон лиственницы. Видно, что лиственничные волокна имеют толстую стенку и при прессовании не расплющиваются в полоски и не могут образовать сомкнутой структуры. Как результат, разрывная длина отливки всего 8,6 тыс. м, что существенно меньше (на 1,4 тыс м). Разрывная длина отливки из полученных совместной варкой древесины лиственницы (20 %) и сосны (80 %) составляет 9,1 тыс м.

Рис. 22 – Сравнение в отливке возможности контактов волокон из древесины сосны и лиственницы

Сделаем допущение, что для производителя средняя прибыль от продажи белёной целлюлозы в Китае, например, составляет 200 долл. США за тонну. При снижении цены за низкое качество целлюлозы на 20 %, для поддержания выручки от продажи 1 млн т на уровне 200 млн долл. США нашему производителю потребуется продать уже 1,25 млн т целлюлозы. Соответственно, нужно заготовить не 5,0 млн м^3 лесосырья на площади 29,4 тыс. га, а уже 6,25 млн м^3 на площади 36,8 тыс. га. Дополнительная ежегодная нагрузка на экосистему региона за счёт дополнительной вырубки леса составит 7,4 тыс. га или на площади 74 км^2, в квадрате 8,6 км × 8,6 км. Через 5 лет *только из-за нерациональной варки древесного сырья в смеси* приведёт к дополнительной вырубке леса на площади 370 км^2, что сопоставимо с годовой потребностью современного завода для производства 1,3 млн т целлюлозы в год!

В условиях отсутствия элементарной технологической культуры для повышения прибыли бизнес стремится на сверхпроектной мощности наращивать объём выпуска товарной продукции, чтобы получить недополученную прибыль. Для этого требуется большее количество древесного сырья, что приводит к дополнительной вырубке лесов в зелёной кладовой страны. Следовательно, отсутствие обоснованной технологической культуры при использовании НДТ – это не внутреннее дело бизнеса, и он должен нести ответственность перед государством за нерациональное использование данного ему лесосырья, да и ещё по стоимости на 17,5 долл. США/м^3 меньше, чем в Финляндии.

Переход государства на получение попенной платы в полном объёме излечит бизнес от технологического бескультурья по отношению к древесному сырью, а реальные миллиардные штрафы за продолжающийся сброс канцерогенных хлорорганических соединений на Братском и Усть-Илимском комбинатах в наши реки, сохранят нашу природу и поднимут имидж ЛПК, поскольку только Россия поставляет на рынок Китая целлюлозу, отбеленную с хлором.

7.11 Отсутствие локомотива технологического развития лесопромышленного комплекса

Помимо устранения государства от управления лесным хозяйством, им утеряна преемственность научных исследований в области переработки всей биомассы дерева. Так, с 1 января 2017 г. прекратил свою деятельность Всероссийский научно-исследовательский институт бумаги (ВНИИБ), который разрабатывал производство волокнистых полуфабрикатов (варка, отбелка целлюлозы из всех видов древесного сырья и различного назначения – для бумаги и химической переработки).

Ранее закрылся Центральный научно-исследовательский и проектный институт лесохимической промышленности (ФГУП «ЦНИЛХИ»), который занимался разработкой и проектированием производства из древесного сырья ценных биологически активных веществ, углежжения низкосортной древесины, производства канифоли, жирных кислот, скипидара и продуктов на его основе и т. д. Этот коллектив был продолжателем работ выдающихся русских химиков, основоположников создания лесохимической промышленности, в числе которых: Дмитрий Иванович Менделеев, Вячеслав Евгеньевич Тищенко, Егор Иванович Орлов, Александр Ерминингельдович Арбузов и многие другие выдающиеся учёные.

Можно спорить о необходимости сохранения этих научно-исследовательских институтов в том качестве, в котором они существовали во времена СССР, но сохранить научный костяк со своей уникальной школой подготовки кадров в области лесохимии государство после 1995 г. категорически не захотело, а в 2010-е гг. сохранять уже было нечего, кроме зданий, принадлежавших институтам. Так, на сайте ЦНИИЛХИ в графе «Производственная деятельность» было указано: «Сдача помещений в аренду»…

По официальным данным, расходы на НИОКР составляют 0,01 % от ВВП отрасли, что существенно ниже среднего зарубежного уровня 1,4 % ВВП и уровня стран – лидеров (Финляндия 2 % и Норвегия 3,1 %) [6]. Но если взять средства на научные исследования в абсолютных величинах, то сравнение затрат выглядит более зримо, так в России затраты составляют – 2,3 млн долл. США, что в 100 раз меньше, чем в Финляндии – 240 млн долл. США.

Научные исследования и воспитание высококвалифицированных специалистов (кандидатов и докторов наук) не переместились из закрытых институтов в вузы, поскольку низкая заработная плата преподавателей сделала непривлекательным воспроизводство высококвалифицированных научных кадров, а ЛПК не ставил технологических задач и, в итоге, полученные знания применять стало негде.

Ситуация усугубляется и дальше, поскольку в «Стратегии развития лесопромышленного комплекса до 2030 года» перед научными кадрами не поставлена задача возрождения *лесохимии,* которая уже 30 лет прибывает в забвении у ЛПК, а ведь лесохимия на новой технологической платформе даст дополнительно половину от существующей выручки ЛПК, создаст дополнительные рабочие места в лесных регионах страны!

Поскольку верхи не знают о *лесохимии*, то внизу уже поговаривают, например, в Северном арктическом федеральном университете (САФУ) в г. Архангельске, закрыть направление подготовки кадров лесохимиков, как ненужное нашей стране. Однако для северного лесного края оно актуально и перспективно, если повышать экономическую эффективность ЛПК в два раза. Под руководством доктора технических наук профессора, члена научного Совета РАН по адсорбции Николая Ивановича Богдановича и его коллег, можно начинать решать вопросы развития лесохимии в регионе, но существующему бизнесу эти задачи не интересны. Поэтому молодые специалисты, в частности, ученики заведующего кафедрой технологии лесохимических продуктов химии древесины и физической химии Лесотехнического университета в г. Санкт-Петербурге, доктора химических наук профессора Виктора Ивановича Рощина, находят трудоустройство по специальности в зарубежных компаниях.

Остановились также прикладные исследования в заводских лабораториях по причине сокращения штатов. В настоящее время даже на текущие работы, необходимые на производстве, лаборантского и инженерного состава уже не хватает. И кто будет локомотивом технологического развития лесной промышленности на основе НДТ?

В этой связи следует упомянуть и крупные корпорации. Так по словам К. Н. Сосниной, генерального директора АО «Группа «Илим», в корпорации прорабатываются инновационные проекты, направленные на разработку новых технологий и продуктов. Возможно, и другие крупные корпорации занимаются аналогичными работами; пожелаем им всем добиться конечного результата на благо своих компаний.

Но есть свежие примеры, когда разработка обещанных наукой инновационных технологий осталась на бумаге, а деньги ушли… Как указывалось выше, в породной формуле лесов России 32 % древостоя составляет древесина лиственницы, которая имеет худшие бумагообразующие свойства, нежели целлюлоза других хвойных пород. Следовательно, для широкого использования древесины лиственницы требуются новые технологии её химической переработки.

В 2010 г. началось государственное финансирование научных исследований в форме государственной субсидии. Доктором технических наук профессором Э. Л. Акимом (Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров) была сформулирована тема «Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на мировые рынки нового вида товарной целлюлозы)», которая соответственно заинтересовала АО «Группа «Илим». Проект вышел победителем открытого публичного конкурса по отбору организаций на право получения субсидий на реализацию комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства в целях государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций реального сектора экономики (Постановление Правительства РФ № 218). На основании этого был заключен Договор № 13 в 25.31.0014 от 07 сентября 2010 г. между Министерством образования и науки Российской Федерации и АО «Группа «Илим», которая и получила субсидию.

В программу работ профессор Э. Л. Аким включил не только получение *нового* вида товарной целлюлозы, но и *выделение* из древесины ценного компонента – *арабиногалактана*. Затраты на данную работу составили 300 млн руб., которые поделили поровну государство и АО «Группа «Илим». В мае 2014 г. на филиале в г. Братске были

проведены пусковые опытно-промышленные испытания технологии производства сульфатной беленой целлюлозы для бумаги из смеси хвойных пород с повышенным содержанием лиственницы. Испытания показали, что при содержании лиственницы в технологической щепе до 25,0 % можно получать хвойную беленую целлюлозу высшей марки SES.

Такой вывод от широко разрекламированной Э. Л. Акимом работы [63] в профессиональной среде не был принят.

Во-первых, на филиале в г. Усть-Илимске существует многолетняя практика варки лиственничной древесины с содержанием до 25 %, которая показывает аналогичный результат.

Во-вторых, данный вывод работы профессора Э. Л. Акима совпадает с уже имеющимися в литературе. Например, в книге 1959 г. Николая Александровича Ильина «Варка целлюлозы из лиственницы» [64] в главе «Сульфатная варка лиственницы на Поронайском комбинате» сообщается, что добавка 25 % лиственницы к смеси ели и пихты не ухудшила механические свойства волокнистого полуфабриката для мешочной бумаги; при повышенном содержании лиственницы (33-50 %) механические свойства целлюлозы были плохими.

В-третьих, есть вопросы к качеству полученной целлюлозы. Можно ли хвойную беленую целлюлозу, получившую в корпорации название «Высшая марка SES» по показателям качества считать *инновационной*, если по уровню физико-механических показателей качества, а не названию, практически не отличается от производимых марок на Усть-Илимском комбинате.

В-четвёртых, по проекту из щепы лиственницы в процессе производства должен выделяется арабиногалактан в качестве ценного побочного продукта варки [65], однако, арабиногалактан направляется вместе с чёрным щёлоком на сжигание в СРК. Цель не достигнута.

Если проследить ход работ профессора Э. Л. Акима от написания названия темы до получения конечного результата, видно, что поднятые им проблемы на бумаге, на деле оказались не по плечу. Однако работа была государством принята, деньги уплачены и это тоже вызвало недоумение в профессиональной среде, поскольку заявленные цели не были достигнуты. Скорее всего, в этом сыграл имидж крупнейшей компании России, но государственные средства, затраченные на данный Проект, надобно вернуть и это поможет сделать независимая техническая экспертиза.

Таким образом, технология химической переработки лиственничной древесины, которую можно ежегодно заготавливать в объёме 100 млн м^3, так и осталась на уровне конца 1950-х гг. [64]. Поэтому немалые средства государства в размере 150 млн руб. (5 млн долл. США по курсу 1 долл. США = 30 руб. в 2010 г.), затраченные по Договору № 13 в 25.31.0014, от 07 сентября 2010 г. между Министерством образования и науки Российской Федерации и АО «Группа «Илим» должны быть ему возвращены. Эти средства нужны для разработки действительно новых технологических решений по эффективному использованию древесины лиственницы в производстве волокнистых полуфабрикатов.

Таким образом, мы топчемся на месте; в стране образовался вакуум новых идей в создании новых технологий и новых продуктов в области получения целлюлозы, бумаги, биологически активных веществ, витаминов, лекарств, кормов, моторного топлива и т. д., и, следовательно, интеллектуального развития отрасли нет. А если учесть отсутствие собственного машиностроения, то о каком импортозамещении и прогрессивном развитии ЛПК в этих условиях может идти речь?

8 Сегмент лесохимического производства

8.1 Краткая историческая справка

В России в XII веке возникли первые промыслы по углежжению и смолокурению, заложившие основу лесохимического производства. Позднее углежжение получило широкое распространение для развивающейся металлургической промышленности на Урале (выработка достигала 1 млн т).

Первое упоминание о подсочке в России относится к концу XVIII в., когда английский предприниматель Ф. Бойс в 1780 г. организовал добычу живицы в Вельском уезде на севере России [66]. Данный вид деятельности получил широкое распространение, и уже в 1783 г. из Архангельского порта было вывезено 6,5 тыс. пудов (около 100 т) «важского терпентина» [67].

Из-за дефицита щёлочи с начала XIX в. стали производить поташ (карбонат калия) из золы после сжигания древесины.

В 20-х гг. XIX в. был построен большой для своего времени завод сухой перегонки древесины с разнообразным ассортиментом продукции: ледяная уксусная кислота, уксуснокислый натрий, уксусный эфир, красители.

Перед первой мировой войной в России насчитывалось 6 тыс. смолокуренных установок, на которых производили 90 тыс. т смолы и 20 тыс. т скипидара-сырца в год [68].

В конце Первой мировой войны в районе реки Ветлуги на 33 кустарных предприятиях насчитывалось 850 реторт для сухой переработки древесины, на которых перерабатывалось 300 тыс. $м^3$ берёзовых дров в год и получали 10 тыс. т уксуснокальциевого порошка, 6 тыс. т отстойной смолы и 3 тыс. т кубовой смолы.

В 1913 г. построен завод во Владимирской области для экстракции канифоли органическим растворителем из пнёвого осмола по способу, предложенному Д. И. Менделеевым.

После 1917 г. были приняты энергичные меры по развитию канифольно-скипидарных производств для заготовки подготовки живицы и осмола, и канифольно- терпентинных производств для переработки живицы в канифоль и скипидар, а также в 1927 г. в Горьковской области построили завод «Вахтан» – первое крупное канифольно-экстракционное производство для извлечения смолистых веществ из пней (так называемый пнёвый осмол).

Принятые меры позволили к 1931 г. прекратить ввоз канифоли из-за границы; в последующие годы производство расширялось. Были запущены производства синтетической камфары, и других продуктов на основе переработки скипидара и канифоли. К 1937 г. производство камфары превысило спрос оборонной промышленности страны.

Помимо строительства канифольно-терпентинных и канифольно-экстракционных заводов (Решотинского, Лесосибирского, Зиминского, Медвежьегорского), был организован сбор сульфатного мыла для выработки талловой канифоли на построенных Котласском, Соломбальском, Архангельском, Братском, Селенгинском, и Усть-Илимском сульфатцеллюлозных комбинатах.

Нельзя не упомянуть о старейшем производстве – пиролизе бересты (дёгтекурение). Наибольшая выработка дёгтя была достигнута в 1940 г. – 3500 т из 8750 т заготовленной бересты, в 1952 г. – 2200 т из 5500 т бересты и в 1979 г. – 830 т из 2070 т бересты. Такая тенденция снижения объёмов производства дёгтя связана с тяжёлым ручным трудом на заготовке бересты (без луба). В себестоимости дёгтя до 80% составляли затраты на сырьё.

В советские годы Горьковская область была центром лесохимической отрасли с флагманом советской лесохимии – заводом «Оргсинтез». Основная продукция – канифоль, а сырьё – живица. Для её заготовки были созданы 4 химлесхоза, которые добывали в области

до 6 тысяч тонн живицы в год. Максимальный сбор живицы в СССР был достигнут в 1965 г. и составил 198,2 тыс. т, и далее снижался в 1978 г. – 158 тыс. т и 143 тыс. т в 1986 г.

В 1986 г. лесохимики СССР выработали 168 тыс. т канифоли (в том числе, 107 тыс. т живичной, 27 тыс. т экстракционной и 34 тыс. т талловой), 186 тыс. т древесного угля. Начиная с 1960-х гг., лесохимическая промышленность показала снижение роста продукции (сбор живицы и получение живичной канифоли, производство дёгтя, уксусной кислоты и др.), падение производства было связано с большим количеством ручного труда, устаревшими технологиями, и как следствие большими потерями сырья при переработке.

8.2 Существующее положение дел и возможности лесохимического производства. Предложения и выводы

В условиях рыночной экономики предприятия лесохимии (углежжение, гидролизное, дубильно-экстрактовое, канифольно-скипидарное производство, переработка древесной зелени), построенные в 1930-1970-е гг., оказались неконкурентоспособными из-за высокой стоимости сырья (60-90 % ручного труда на заготовке, перевозка сырья на значительные расстояния 50-100 км), старые технологические процессы и оборудование, плохое воздействие на природу, что неудивительно, поскольку в лесохимической отрасли значительных инвестиций не было с 1970-х гг.

В настоящее время появились новые современные технологии в углежжении, в производстве талловых продуктов и некоторых других направлениях лесохимии, которые исключают образование выбросов в окружающую среду.

Сбор живицы (сырьё канифольно-скипидарных производств). Начнём рассмотрение вопросов лесохимии с проведения подсочки, которая является основным видом *прижизненного использования леса* и тесно связана с лесозаготовительной деятельностью, поскольку сбор живицы начинается за 5-15 лет до рубки соснового леса. На территории России для сбора живицы промышленное значение имеет сосна обыкновенная, имеющая наибольшее распространение в древостое. Сырьевая база подсочки на территории Российской Федерации огромна, и живица может добываться на 2,5 млн га сосновых насаждений [69]. Из заготовленной живицы паром отгоняют живичный скипидар и в остатке остаётся живичная канифоль.

Однако этот данный природой ресурс – живица – не используется. В табл. 8.1 представлены изменения в количестве заготавливаемой живицы в Архангельской области с 1783 г. по 2016 г.; выводы красноречивы.

Табл. 8.1 – Изменения количества заготовленной живицы на примере Архангельской обл. [66]

Год	1783	1947	1960	1971	1982	1990	2000	2011	2013	2016
Количество заготовленной живицы, т	100	244	185	2309	3390	3300	287	6,5	3,8	1

Отметим, что в Китае заготавливают 500 тыс. т живицы в год. К сожалению, китайская канифоль, которую закупает Россия в количестве 50 тыс. т, зачастую низкого качества и не может быть использована, например, в кабельной промышленности [69].

Ручное оборудование вздымщика для сбора живицы на рис. 23-25 [70] сохранилось практически неизменным до наших дней. Лучшие вздымщики таким оборудованием вручную за сезон добывали по 6-8 т живицы при норме 4-5 т, следовательно, в Архангельской области в 2011 г. трудился ударно *один* вздымщик и добыл 6,5 т. Что произошло с ним дальше неизвестно, но последующие годы этот специалист трудился с прохладцей (см. табл. 8.1).

Рис. 23 – Работник с хаком на подсочке леса [70]

Рис. 24 – Сборник живицы

Рис. 25 – Подсочка леса и сборники живицы

Высокая трудоёмкость тяжёлого подсочного производства проблема не только нашей страны, в настоящее время живица добывается в основном в странах с низким уровнем жизни.

Для нас лесохимия – это не только дополнительная и востребованная продукция ЛПК, но рабочие места в лесных регионах страны. Поэтому требуется создавать автоматизированное оборудование, установленное на колёсном транспортном средстве для нанесения подсочных поранений на стволе дерева, основанное на новых принципах, возможно на методах современной малотравматической хирургии. Подсчитано, что в среднем за день работником делается 1,5 тыс. ручных операций с хаком (см. рис. 23), и если на работу с деревом затрачивается 15 секунд, то остальное время тратится на перемещение к другому дереву. Подсчитано, что 35 % всех трудозатрат составляет опорожнения приёмников живицы. Поэтому предлагаемая техническая идея облегчит труд вздымщика и сделает эту работу престижной. Но нужно создавать передвижные установки не только для сбора живицы, но и для других видов сырья, необходимых лесохимии. Например, древесной зелени, в том числе с отделением хвойных иголок от веток, чтобы обеспечить экстракцию только тех веществ, которые заключены в ней. В дальнейшей переработке это существенно сократит затраты на дорогостоящую очистку экстрактов от посторонних веществ, присутствующих в древесном веществе ветки, и значительно повысит их качество как сырья для получения многих лекарственных препаратов и витаминов, а также при использовании их в разнообразной парфюмерной продукции.

Представленная техническая идея для автоматизации работы вздымщика имеет технический аналог. Вспомним 1960-е гг., когда появились первые моторные пилы для ручной валки леса, и это казалось прорывом в лесозаготовке, которая вечно будет сопровождаться воем механической пилы и криком вальщика при падении дерева: бойся! Потом в специальных сапогах, с пилой, цепями и канистрой с бензином вальщик, погоняемый летом мошкарой и гнусом, а зимой студёным ветерком и по пояс в снегу переходил к другому дереву. Прошло 40 лет и современный вальщик леса сидит в кабине лесозаготовительного комбайна (харвестера) с кондиционером, в тапочках, слушает музыку и за 15-18 секунд валит дерево, срезает сучья, распиливает ствол по заданию на нужный сортимент и складывает отдельно напиленные брёвна и сучья. Поэтому создание автоматизированного рабочего места для сбора сырья для лесохимического производства вполне реально.

Канифольно-терпентинное производство. Если в 1986 г. было выработано 168 тыс. т канифоли, из которой 107 тыс. – живичная, 27 тыс. – экстракционная и 34 тыс. – талловая канифоль [71], то в России в 2010 г. произведено всего 26 тыс. т только талловой канифоли, о живичной канифоли нет данных. По экспертным оценкам её добыча составляет ~1,5 тыс. т.

Это относится и к живичному скипидару, получаемому отгонкой паром из живицы. Так в 1986 г. СССР выпускал 35 тыс. т живичного скипидара, тогда как в 2004 г. в России – 1,2 тыс. т. Отметим, что 1 т живичного скипидара стоит 4 тыс. долл. США (июль-сентябрь 2019 г.), следовательно, современный ЛПК недополучил выручку по этой позиции относительно 1986 г. на сумму 140 млн долл. США.

Отсутствие живицы – сырья канифольно-терпентинных производств – привела к остановке их производственной деятельности.

Талловые продукты переработки отходов сульфатцеллюлозного производства. В 2016 г. объём талловых продуктов в России составил 2,8 млрд рублей (46,6 млн долл. США). Отметим, что мировое производство скипидара (живичный + таловый + экстракционный) оценивается в 280 тыс. т в год [72], тогда как в РФ в настоящее время производят 4,5 тыс. т только таллового скипидара на комбинатах Братском, Усть-Илимском, Сегежском,

Селенгинском, Светогорском, Марийском, Новолялинском и заводе Питкяранта. На Архангельском и Котласском не собирают, а на Сыктывкарском ЛПК скипидар собирают отдельно и сжигают в известерегенерационной печи (ИРП) в качестве замены минерального топлива.

Канифольно-экстракционное производство, на котором смола извлекается из пнёвого осмола органическим растворителем с целью получения экстракционной канифоли и экстракционного скипидара в нашей стране с 1993 г. прекращено из-за нерентабельности [72]. При этом в США производят не только 60 % мирового таллового скипидара, но и основную долю в мире экстракционного скипидара, который в нашей стране перестали производить из-за отсталой технологии производства. Необходимо подчеркнуть, что экстракционный и живичный скипидар по качеству превосходит талловый скипидар за счёт содержания серосодержащих соединений до 0,05 % (в пересчёте на серу).

Пиролизное производство. В России для лесохимических производств имеется всё необходимое сырьё: дровяная древесина, порубочные остатки и древесная зелень. Только дров в 2019 г. было вывезено 15 млн м^3. Для оценки ресурсной базы дров для лесохимии, предположим использовать на углежжение 600 тыс. м^3 берёзовых дров, из которых произведём 300 тыс. т древесного угля-сырца, из которого можно получить 120 тыс. т активированного угля. Вот дополнительная и дорогостоящая продукция ЛПК и рабочие места в лесных регионах! А ведь в расчёт приняли только 4 % от вывезенного дровяного сырья.

В настоящее время мировое производство и потребление древесного угля составляет 10 млн т, из которых 8 млн т производит Бразилия. В СССР производство древесного угля для промышленных целей составляло 300 тыс. т в год [73], а в России в 2000-х годах – только 64 тыс. т [74], в 2016 г. – 70 тыс. т древесного угля. Следовательно, это направление актуально для развития нашего ЛПК.

Важное направление в производстве древесного угля – получение пористых углеродных сорбентов. В начале XXI века их мировое производство составило почти 1 млн т в год [75], из которых из древесины производится около 36 % углеродных сорбентов, тогда как из каменных углей – 28 %, из бурых углей – 14 %, из торфа – 10 %, и из скорлупы кокосовых орехов – около 10 % [76]. Имея огромную базу древесного угля и отечественные технологии, мы можем успешно развивать это направление во всех лесных регионах.

Использование порубочных остатков в качестве топлива. Как уже отмечено, в настоящее время отечественный ЛПК для переработки древесного сырья использует, в основном, лишь стволовую древесину, в результате чего 30-40 % биомассы дерева остаются невостребованными на лесосеке. Объёмная доля корней и ветвей от деревьев, остающихся от различных пород на лесосеке, представлена в табл. 8.2.

Табл. 8.2 – Относительный объём частей дерева, % [76]

Порода	Объёмная доля			Порода	Объёмная доля		
	Ствол	Корни	Ветви		Ствол	Корни	Ветви
Лиственница	77-82	12-15	6-8	Берёза	78-90	5-12	5-10
Сосна	65-77	15-25	8-10	Осина	72-90	5-16	5-12
Ель	70-80	15-18	5-12	Дуб	52-75	15-20	10-20
Ясень	55-70	15-25	15-20	Бук	55-70	20-25	10-20

За рубежом с 1980-х гг., развивается тенденция, связанная с ростом использования древесины в качестве биотоплива для замены минерального. В частности, в Швеции и в США, начиная с 1970-х гг. при поддержке министерств энергетики, реализуются программы выращивания специальных древесных пород с коротким сроком рубки, обеспечивающих

получение топливной биомассы. На таких плантациях по разным оценкам можно получать от 5 до 30 т биомассы с 1 га в год. Для энергетических плантаций пригодны породы с малым циклом выращивания (коротким оборотом рубки), а именно, ива – 2-4 года и бальзамический тополь – 4-10 лет. Их ежегодный прирост составляет более 25 $м^3$/га.

С середины XIX в. наблюдалась обратная картина: снижение роли древесины в мировом топливном балансе и резкий рост потребления нефтепродуктов. Если в 1860 г. доля дров в мировом топливном балансе составляла около 60 % [77], в 1900 г. –17,6 %., в 1974 г. – только 4 %. При этом население Земли выросло почти в четыре раза: с 1,2 до 4 млрд человек и преобладало применение минерального топлива. Однако полтора века интенсивного использования минерального топлива показало человечеству, что его запасы не бесконечны и для устойчивого развития человечеству необходим переход на возобновляемые источники энергии и сырья.

Во времена СССР дрова серьёзно уступали минеральному топливу в стоимости и в 1960-х гг. одна тонна условного топлива в рублях составляла: дрова – 200 руб., каменный уголь – 96 руб., нефть – 32 руб., газ – 8 руб. [4]. Однако уже через полвека, в 2010-х гг. соотношение цен на мазут и газ относительно дров изменились, и та же одна тонна условного топлива составила: дрова – 5,8 тыс. руб., каменный уголь – 2,9 тыс. руб., мазут – 6,9 тыс. руб., газ – 2,6 тыс. руб. Таким образом, в России цены на природный газ *в густонаселённой части* страны делают топливную древесину неконкурентным источником энергии [80].

Во времена СССР во всех *лесных регионах* работали леспромхозы, которые вывозили древесину хлыстами, деревьями и только немного сортиментами [39]. На верхнем и нижнем складах собирались все порубочные остатки, которые перерабатывались в основном в топливную щепу, и поставлялась в котельные посёлков, что позволяло снижать *стоимость содержания социальной инфраструктуры*.

В период распада СССР по различным причинам леспромхозы почти повсеместно обанкротились и появились маленькие частные компании, для которых необходимость в нижних складах отпала, и заготовленная древесина в виде сортиментов с верхнего или промежуточного склада напрямую поставлялась потребителю, а все порубочные остатки и вершинная часть остаётся в лесу, как полагается по «скандинавской технологии», но не вывозятся.

За рубежом, где практикуется «скандинавская технология», порубочные остатки вывозятся в полном объёме в качестве биотоплива. Отмечено, что использование древесных отходов экономически выгодно, если их источник в большом объёме находится на расстоянии не более 100 км [78], что для Швеции, как и других скандинавских стран с развитой сетью дорог, не является препятствием.

Сделаем экспертную оценку для нашей страны от использования порубочных отходов в качестве биотоплива (топливная древесина, энергетическая древесина**)** в лесных регионах. Это актуально, поскольку одна из проблем российской экономики − высокая энергоемкость. Удельная энергоемкость ВВП в примерно на 40 % выше, чем в некоторых странах Западной Европы, что в первую очередь это касается жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Одним из перспективных направлений повышения энергоэффективности ЖКХ страны является переход к широко применяемым в Европе технологиям сжигания древесного топлива, произведенного *из малоценной древесины и лесосечных отходов*. Поселки, расположенные в лесных районах Урала, Сибири и Дальнего Востока, вынуждены закупать ископаемое топливо (уголь, мазут, дизтопливо) и завозить его за сотни и тысячи километров. При этом в РФ накоплены миллионы тонн (более 65) порубочных остатков, лесопильных отходов и низкосортной древесины, которые практически не используются [39].

Если годовой объём заготовки в России в 2018 г. составил 239 млн $м^3$ круглого леса, или 120 млн т древесной биомассы, из которых лесосечные отходы составили 40 %, тогда потенциальный ресурс отходов составит 48 млн тонн, из которых около 25 % составят безвозвратные потери (12 млн т). Вычитая из потенциального ресурса безвозвратные отходы, получим реальный ресурс отходов лесозаготовок составит 36 млн т. Энергетическая древесина по теплотворной способности потенциально может заменить 4 млн т мазута, что в денежном выражении эквивалентно 1,5 млрд долл. США. Однако необходимо учитывать, что фактический объём рубок в 2018 г. – 239 млн $м^3$ – был *в 3 раза меньше* разрешенного объёма 700 млн $м^3$. Кроме того, дополнительно будет получаться топливная щепа из древесины проходных и санитарных рубок, рубок ухода (поскольку такие рубки сегодня не проводятся, данные по количеству биомассы отсутствуют). Следовательно, заготовленная топливная древесина всей разрешенной лесосеки заменит уже более 12 млн т мазута, что в денежном выражении составит 4,5 млрд долл. США, или 35 % от экспортной выручки ЛПК в 2019 г., составившей 12,3 млрд долл. США.

Как не восхититься прозорливостью Дмитрия Ивановича Менделеева [20], который писал, что правильным уходом за лесом «можно окупить присмотр за лесами и сильно увеличить массу топлива с данной площади».

Следует подчеркнуть, что при сжигании древесного топлива выбрасывается лишь тот углекислый газ, который содержится в древесине, и так или иначе поступил бы в атмосферу, даже если бы древесные отходы просто гнили в лесу. Поэтому международным соглашением принято считать выбросы CO_2 при сжигании древесного топлива равными нулю.

Древесная зелень является не менее ценным источником получения различных видов продукции. Средний запас древесной зелени хвойных пород на 1 га составляет около 11 т [71]. Экономически доступные запасы древесной зелени в России составляют почти 30 млн т в год. Россия является *пионером* в области организации промышленного производства кормов из лесных ресурсов: из древесной зелени – хвойно-витаминной муки, из древесной щепы – кормовых гидролизных дрожжей. Однако объём неиспользуемой массы органического вещества леса (отходов лесозаготовки и лесопереработки) во много раз больше того, что использовалось ранее на этих производствах. Хвоя является более дешевым источником каротина, чем сено, морковь, рыбий жир, травяная мука. Мука из зелёных ветвей лиственных пород по содержанию многих питательных веществ не уступает муке из люцерны. Помимо полезных свойств древесных кормов, содержащих легкопереваримые углеводы, протеин, каротин и др., они носят страховой характер, что позволяет значительно ослабить последствия неурожаев, природных катаклизмов, например, засухи [81, 82]. Кроме того, переработка многочисленных отходов лесозаготовки и лесообработки позволит предупредить загрязнение ими окружающей среды.

Как утверждает В. И. Ягодин [73], использование глубокой химической переработки ресурсов древесной зелени и коры только в Ленинградской области позволит получить товарной продукции от 0,5 до 1 млрд долл. США.

По другим расчётам [82] экономически доступные запасы древесной зелени в стране составляют 21 млн $м^3$, из которой можно получить 1,5 млн т протеина, 5,2 млн т биологически активных веществ, 0,8 млн т макро- и микроэлементов, 0,9 млн т жиров. При этом в РФ недостаток протеина только в кормах ежегодно составляет 5-6 млн т, а сахаров – 9-10 млн т [82].

Только переработка 1 т хвои позволяет получать 60 кг хлорофилло-каротиновой пасты с рыночной стоимостью до 2 тыс. руб./кг [82].

В 1980-е гг. на территории нашей страны ежегодно перерабатывалось около 800 тыс. т древесной зелени (это позволяло производить 350 тыс. т витаминной муки, содержащей 13 тыс. т перевариваемого протеина) и производились следующие виды продукции [73]:

– витаминная мука из хвои сосны и ели для производства кормов, применяемых для кормления кур-несушек, цыплят-бройлеров, индейки. Основное сырьё для производства – хвойная лапка, заготовленная в зимне-весенний период;

– хлорофилло-каротиновая паста – фитонцидный поливитаминный препарат, содержащий помимо хлорофилла, каротина, воскообразных и летучих веществ углеводороды, альдегиды и спирты, натриевые соли жирных и смоляных кислот, витамин Е, провитамин Д, стерины и другие биоактивные вещества, стимулирующие биологически процессы. Хвойная хлорофилло-каротиновая паста обладает сильным дезодорирующим эффектом и гибельно действует на простейшие одноклеточные организмы, а также является поливитаминным препаратом широкого спектра действия с дополнительными лечебными свойствами, обусловленными присутствием в ней хлорофилла, фитостеринов и фитонцидов. Паста с успехом испытана в ряде областей медицины: в хирургии, гинекологии, дерматологии;

– эфирное масло. Самым полезным для здоровья считается масло, извлекаемое из сосны обыкновенной (латинское название – Pinus sylvestris L.) северных регионов РФ и Финляндии. Наиболее ценная субстанция присутствует в хвое. Она и является основным сырьём для получения вытяжки: методом перегонки с горячим водяным паром из сосновых иголок добывают лёгкую текучую жидкость с характерным запахом. Современная наука позволила расширить познания о свойствах эфирного масла. Доказано, что оно не только обеззараживает воздух, но и, в частности:

  – расслабляет, успокаивает, усиливает концентрацию и восстанавливает психические резервы, снижает уровень стресса, беспокойства, агрессии;

  – считается одним из наиболее эффективных терапевтических средств для лечения простуды и заболеваний дыхательных путей (насморк, кашель, острые респираторные заболевания, пневмония, астма, ринит, гайморит), при вдыхании паров соснового эфира облегчается дыхание, проходит боль, усиливается секреция бронхов, благодаря чему быстрей разжижается и выходит мокрота;

  – помогает при кожных болезнях, таких как чесотка, экзема, псориаз;

  – спасает от ревматических болей, артрита, подагры, снимает напряжение в мышцах, как лёгкое обезболивающее используется после ушибов;

  – положительно влияет на работу сердечно-сосудистой системы, нормализует давление, уменьшает приступы стенокардии;

– провитаминный концентрат, который представляет собой неомыляемые вещества древесной зелени и содержит фитол, каратиноиды, стерины, витамин Е; используется непосредственно в качестве биологически активной добавки в парфюмерно-косметических изделиях и как сырьё для выделения полиприноловъ, а на их базе отдельных лекарственных форм (прапрен);

– бальзамическая паста, содержащая от 500 до 100 мг хлорофилла, от 50 % до 60 % солей смоляных кислот, от 30 % до 40 % солей жирных кислот, около 7 % неомыляемых веществ; испытана как биоактивная добавка в косметические изделия.

Подводя итог, отметим, что стоимость продукции из доступной древесной зелени в России для сельского хозяйства, парфюмерной, медицинской, пищевой отраслей промышленности составит ~10 млрд долл. США. В этом заключается синергия экономического эффекта от рационального использования древесного ствола и оставшейся биомассы дерева и даст повышение сбора налогов в федеральный бюджет, которые в настоящее время в среднем по России составляют 25 руб. с 1 га, что катастрофически недостаточно [34].

Древесная кора – многотоннажные отходы переработки древесины. По экспертной оценке, в год отходы окорки в мире составляют около 200 млн т, а в России суммарный

ресурс коры в 2009 г. достиг 8,4 млн м^3 (3,4 млн т), что составляет около 10 % экономически доступных ресурсов древесного топлива [83]. Бóльшая часть его сосредоточена на предприятиях ЦБП (4,0 млн м^3) и на лесопильных предприятиях (3,8 млн м^3). Энергетический потенциал этого ресурса 53 млн ГДж, или 1,8 млн т условного топлива. Полное использование коры эквивалентно 1,3 млн т нефти [83].

В настоящее время основная масса коры направляется на сжигание с целью получения тепловой энергии. Однако кора – это не только топливо, но и сырьё, необходимое для получения продуктов технического назначения и биологически активных препаратов. В частности, в России разработаны способы комплексной утилизации коры хвойных пород древесины с получением дубителей (танинов), липидов, пектиновых веществ, красителей, компоста, однако не решены задачи утилизации проэкстрагированной коры.

Возрождение отечественного малого лесохимического производства по добыче экстрактивных и биологически активных веществ на территории страны, во-первых, диктует необходимость восполнения выпадающих доходов от продажи продукции ЛПК, поскольку происходит снижение объёмов писчепечатных видов бумаги, связанное с развитием электронных носителей информации.

Во-вторых, в связи с несомненным конкурентным преимуществом не только по огромному объёму древостоя различных пород, но и по их распределению в разных климатических зонах. Известно, что в зависимости от области произрастания, содержание ценных экстрактивных и биологически активных веществ у деревьев одной и той же породы существенно меняется как по количеству, так и по содержанию компонентов. Следовательно, имеется возможность *целенаправленно* получать требуемые на рынке продукты, содержащие преимущественно те или иные ценные компоненты в биомассе дерева, в ягодах и грибах, чтобы выделять в максимально возможном количестве и требуемого состава.

Это исключительное конкурентное преимущество, поскольку резко снижаются затраты на очистку и разделение смесей, например, с использованием промышленной хроматографии. Такие продукты природы сейчас всё шире стараются использовать в медицине взамен искусственно синтезированных препаратов.

Продажа полуфабрикатов малыми предприятиями за рубеж должна быть исключена соответствующими соглашениями в кластере и привлекательной ценой продажи внутри кластера. Это обеспечит крупные отечественные предприятия, оснащённые современным оборудованием, необходимым сырьём для производства конечной продукции с высокой добавленной стоимостью для продажи как на рынке внутри страны, так и за рубежом. Так решается одна из больших проблем отечественной лесохимии – отсутствие сырья для крупных отечественных предприятий-переработчиков, работающих на основе сложных, уникальных технологических процессов.

Завершая обзор состояния лесохимических производств в России, отметим, что в «Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года» [6], разработанной Правительством РФ, о продуктах лесохимии, например, скипидаре живичном и экстракционном, и о биологически активных продуктах из древесной зелени вообще нет упоминания. В «Стратегии …» рассматриваются только талловые лесохимические продукты: канифоль, жирные кислоты таллового масла (ЖКТМ), из которых почему-то исключён талловый скипидар. Перечисленные талловые продукты являются побочной продукцией сульфатцеллюлозного производства и не представляют всей продукции лесохимии, в частности, получаемой из живицы.

Отсутствие упоминания об остальных продуктах лесохимии в «Стратегии …» неудивительно и связано с полным забвением этой отрасли производства на протяжении последних 30 лет. Но отношение к лесохимии нужно менять внесением в «Стратегию …»

поправок, разработанных научными работниками, техническими специалистами и хозяйственниками, непосредственно работающими в отрасли в этом направлении.

Развивая лесохимию сегодня, во-первых, мы закладываем основы будущей биоэкономики («зелёной химии») и, во-вторых, делаем необходимые шаги для осуществления вековой мечты лесоводов, сформулированную Дмитрием Ивановичем Менделеевым: «Непременным условием разумного пользования лесными запасами должно считать такое в них хозяйство, чтобы годовое потребление было равно годовому приросту …», в этом случае не будет полей из пней, и сохранится лес как ландшафт. Экономические предпосылки для этого даёт развитие лесохимических производств. Рассмотрим подробнее эти вопросы.

8.3 Перспективы развития «зелёной химии»

Это направление химии, при котором замещается исходное минеральное сырьё на сырьё из биомассы. Например, в производстве синтетического этилен-пропиленового каучука предложено [84] исходные реагенты – этилен и пропилен – производить из биомассы.

На первой стадии газификацией биомассы древесины получают синтез-газ (состоит из CO и H_2), из которого синтезируют метанол (известное лесохимическое производство, о котором мы уже упоминали).

На второй стадии метанол превращают в олефины (этилен и пропилен).

На третьей стадии путём полимеризации олефинов получают синтетический каучук.

Приводится технико-экономическое сравнение различных вариантов такого производства с внутренней нормой рентабельности (IRR) от 26 % до 36 % и сроком возврата инвестиций от 3,3 до 2,4 года.

В начале XXI в. конкурентоспособность завода, работающего на биосырьё, ещё уступает заводу на природном газе, но нет сомнения, что вопрос победителя в этой конкурентной борьбе – вопрос времени. Так в 2010 г. мировой объём производства спиртов, полимеров, кетонов и т. д. из возобновляемых источников сырья уже превысил 41 млрд долл. США, и к 2013 г. объёмы производства в денежном выражении выросли почти в 2 раза, а к 2025 г. прогнозируют рост до 2 трлн. долл. США [84].

Такая техническая политика отвечает запросам рынка и сочетает в себе традиционную платформу лесохимии, основанную на газификации биомассы и новую технологическую платформу производства с получением продуктов *«зеленой химии»* – этилена и пропилена. Такое развитие «зелёной» технологии обеспечит в составе кластера переработку всей заготовленной биомассы на новой платформе производства в ЛПК России, а не только производить поставку целлюлозных полуфабрикатов за рубеж.

8.4 Неистощительное лесопользование – основа сохранения лесной кладовой

В развитие идеи Д. И. Менделеева о сохранении лесов путём установления равенства годового потребления древесины её годовому приросту вносят вклад многие учёные. Так в исходных данных для расчёта А. И. Киприанов [85] принял годовой прирост биомассы в лесах РФ в среднем равным 2,0 т на 1 га, в том числе стволовой древесины – около 1,5 пл. $м^3$. Тогда при планомерном ведении лесного хозяйства в стране с современной интенсивной системой лесовосстановления, в том числе путём выборочных, осветлительных и санитарных рубок, масса заготавливаемой древесины должна приближаться к массе её прироста. В масштабах страны это даст возможность ежегодно заготавливать только из *прироста* древесины более 500 млн пл. $м^3$ стволовой древесины и, соответственно, технологической щепы, достаточной для выработки 20 млн т целлюлозы. Это впечатляющие

цифры, говорящие о гигантских экономических возможностях использования принципа неистощительного лесопользования в масштабах всей страны. Следует отметить, что 20 млн т – это количество целлюлозы, которое планируется выработать в 2030 г.

По расчётам А. И. Киприанова [85] лесохозяйственный комплекс, например, в условиях лесистости 30-35 % с постоянной лесосырьевой базой площадью 6×10^5 га (что составляет квадрат 80 км × 80 км) или лесопокрытой площадью 2×10^5 га может заготавливать только из прироста древесины 600-700 тыс. т древесной биомассы, из которой можно произвести 200 тыс. пл. $м^3$ пиломатериалов и древесных изделий, 150 тыс. пл. $м^3$ древесно-стружечных плит, 100 тыс. т целлюлозы, 5 тыс. тонн кормовых дрожжей и другой продукции по безотходной технологии, а также обеспечить выработку электрической и тепловой энергии для производственных и коммунальных служб на древесном топливе. При этом сохраняются функции леса как биогеоценоза, не происходит загрязнения окружающей среды, а наличие сети грунтовых и лесовозных дорог обеспечивает жизнедеятельность всего региона [85].

Дороги – это доступность сырья и возможность создать производственные кластеры, возвести города. Когда наряду с производством, например, целлюлозы для химической переработки будут запущены предприятия химической промышленности, производящие из каждых 1,1 т вискозной целлюлозы 1 т вискозного волокна, и предприятия лёгкой промышленности, производящие из 1 т вискозных волокон порядка 5,8 тыс. м тканей бельевого и одёжного ассортимента, а из тканей – продукцию на её основе, которая потребует тары и упаковки. Помимо использования стволовой древесины для получения целлюлозы в кластере перерабатывается вся оставшаяся часть биомассы дерева, а неиспользуемый остаток применяется в качестве топлива. Другими словами, требуется сфокусировать инвестиции на лесной территории, поставляющей в качестве сырья *ежегодный прирост биомассы*, которую необходимо комплексно переработать в продукты с высокой добавленной стоимостью, а не фокусировать инвестиции на отдельно взятом заводе.

Известно, что стоимость 1 т целлюлозы для бумаги в 5 раз больше, чем стоимость круглого леса на её производство, а выработка из целлюлозы бумаги увеличит прибыль от продажи такой продукции по сравнению с продажей круглого леса в 10-15 раз (см. рис. 26). Также и стоимость вискозной целлюлозы в 6 раз больше стоимости круглого леса, а продажа вискозного волокна даст прибыли в 20 раз больше, чем продажа круглого леса. В этом состоит синергия экономического эффекта от использования круглого леса в кластере.

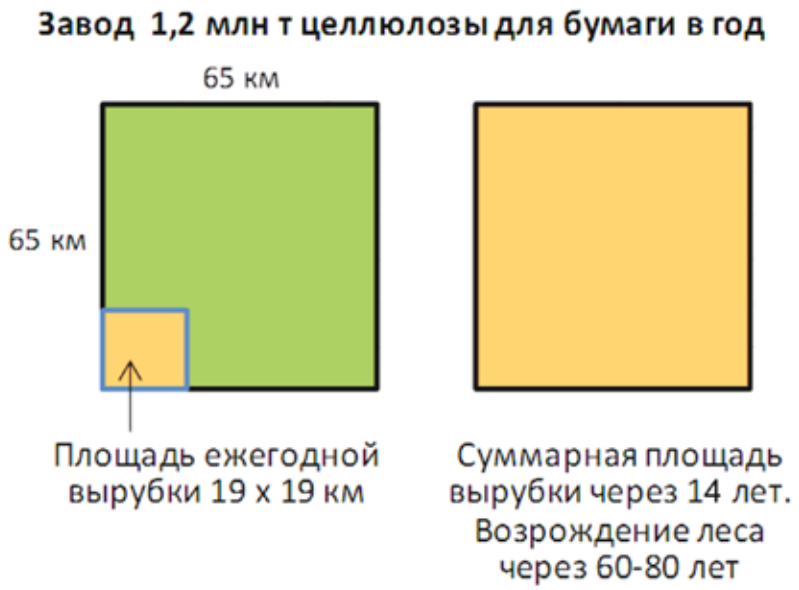


Рис. 26 – Вид ежегодной площади сплошной рубки леса (слева) и площадь вырубленного за 14 лет леса (справа) – за период возврата инвестиций на строительство завода

Сделаем экспертную оценку экономической эффективности организации производств на отдельно взятой лесопокрытой территории в условиях неистощительного лесопользования и сравним с существующей технологией сплошной вырубки.

Для этого рассмотрим небольшую по современным меркам мощность завода 300 тыс. т в год «в чистом поле» для производства вискозной целлюлозы и производство в «чистом поле» завода для получения целлюлозы для бумаги мощностью 1,2 млн т.

В расчёте примем прирост древесины при интенсивном лесопользовании – 4 м^3/га, который будет равен объёму заготовки с 1 га. При сплошной рубке выход деловой древесины примем равным 170 м^3/га. Результаты представлены в табл. 8.3.

Табл. 8.3 – Сравнение производительности заводов по производству вискозной целлюлозы и целлюлозы для бумаги

Вид целлюлозы	Производ-ственная мощность, т	Расход круглого леса на 1т продукции, м^3/т	Технология заготовки древесины, м^3/га		Ежегодная площадь вырубки в квадрате, км × км	Изменение в ландшафте местности
			Прирост древесины	Сплошная рубка		
Вискозная	300 тыс.	7	4	-	72 × 72	Лес живой
Для бумаги	1,2 млн	5	-	170	19 × 19	Нет леса

Поясним, что завод по производству целлюлозы для бумаги мощностью 1,2 млн т потребляет 6 млн м^3 древесного сырья. При сплошной вырубке со съёмом 170 м^3/га ежегодный требуемый объём будет получен с лесопокрытой площади в квадрате 19 км × 19 км. Через 12 лет (срок возврата инвестиций) вырубке подвергнут лесопокрытую площадь в квадрате 65 км × 65 км, в котором остаются только пни, а возрождённый лес на этой территории появится в лучшем случае через 60-80 лет после рубки (см. рис. 26). В этом и заключается разница в применении существующей технологии заготовки сплошной рубки от принципа неистощительного лесопользования, когда лес остаётся живым.

Для экспертной оценки экономической эффективности от неистощительного лесопользования в регионе определим затраты и простой срок окупаемости проекта из имеющихся данных в литературе.

Примем, что строительство завода в «чистом поле» по производству вискозной целлюлозы мощностью 300 тыс. т сопоставим со стоимостью сульфатцеллюлозного целлюлозного завода в Германии − Zellstoff Stendal GmbH с производственной мощностью 550 000 т беленой целлюлозы, инвестиции в который составили порядка 1 млрд долл. США, и срок окупаемости завода 15 лет при жизненном периоде предприятия 30-40 лет [43]. Однако строительство завода в России в «чистом поле» потребует дополнительных затрат на создание инфраструктуры в размере 0,5 млрд долл. США, что соответствует расчётам в работе [86]. Поэтому сумма затрат на строительство завода вискозной целлюлозы с инфраструктурой для нашего расчёта составит 1,5 млрд долл. США.

Вместе с заводом по производству вискозной целлюлозы будет построен завод по производству вискозных волокон (текстильная нить), а также цехи по переработке древесной зелени, порубочных остатков, затраты на строительство которых, по экспертной оценке, примем равными 1 млрд долл. США. Таким образом, суммарные затраты на данный кластер производств составят 2,5 млрд долл. США, что соответствует затратам на строительство в «чистом поле» завода мощностью 1,2 млн т целлюлозы для производства бумаги [86].

В предложенном варианте кластера простой срок окупаемости проекта составит: 2,5 млрд долл. США / [210 млн долл. США (700 долл. США/т × 300 тыс. т) + 675 млн долл. США (2500 долл. США/т × 270 тыс. т) + 321 млн долл. США

(314 млн долл. США + 7 млн долл. США) = 1,2 млрд долл. США × 0,15 = 179 млн долл. США] = 14 лет, где выручка от продукции составит:

– вискозная целлюлоза – 210 млн долл. США;

– вискозные волокна (текстильная нить) – 675 млн долл. США;

– продукты лесохимии из хвойной лапки (хлорофиллин натрия – 1 т; провитаминный концентрат – 140 т); из 10 тыс. т живицы получено: живичная канифоль – 7,5 тыс т и живичный скипидар – 1,8 тыс. т) – 314 млн долл. США;

– экономия затрат на приобретение мазута в результате применения «топливной» древесины составит 7 млн долл. США.

Срок окупаемости – 14 лет – соответствует принятым срокам окупаемости проектов в целлюлозной промышленности для заводов «в чистом поле» [86].

Отметим, что выручка от производства «целлюлоза» – 210 млн долл. США меньше, чем выручка от производства «лесохимия + топливная древесина» – 314 млн долл. США. Это показывает меньшую эффективность чисто целлюлозного производства, без интеграции с лесохимией и необходимостью перерабатывать всю биомассу заготовленной древесины, что увеличит выручку более чем в два раза. В данном расчёте были использованы уже известные технологии лесохимического производства и их продукция – лесохимические полуфабрикаты для дальнейшей переработки, поэтому есть твёрдая уверенность, что новые технологии будут получать не продукты-полуфабрикаты, а конечные виды продукции с высокой добавленной стоимостью, и разрыв с производством целлюлозы возрастёт ещё значительнее.

Расчётами доказано, что хозяйственная деятельность человека в лесу на основе неистощительного лесопользования экономически целесообразна при переработке всей биомассы заготовленной древесины, и только такой метод ведения лесного хозяйства и промышленного производства на основе НДТ должен применяться при строительстве новых предприятий на неосвоенных лесных территориях для сохранения жизни лесов.

8.5 Предложения для обсуждения

1. Лесохимия – неотъемлемая часть лесопромышленного комплекса, поэтому возрождение лесохимических производств возможно только с возрождением всей структуры ЛПК на основе наилучших доступных технологий.

2. Управление такой гигантской задачей по силам только государству в рамках общенациональной программы «Лесная кладовая России», в которой будут сформулирована стратегия государства *по управлению* ЛПК. Для разработки подпрограммы в области лесохимии должны привлекаться учёные и специалисты *всех* регионов страны, которые могут дать обоснованную оценку потенциалу и направлению развития лесохимии в своём регионе.

3. Основа лесохимических производств – малые предприятия, расположенные рядом с действующими и будущими лесозаготовками. Подсчитано [8], что радиус подвоза сырья для малой лесохимии не должен превышать *10 километров*. Именно на местах малыми многопрофильными предприятиями (для обеспечения круглогодичной занятости) должен производиться сбор и первичная переработка живицы, получение угля-сырца и т.п. Последующие стадии производства получение активированного угля и глубокая переработка живицы пойдут уже на средних и крупных предприятиях. Такая постановка дела даст работу населению сел и поселков лесных областей [8], и надёжное снабжение сырьём отечественных предприятий-переработчиков.

4. Для повышения экономической эффективности работы малых предприятий лесохимии необходимо:

4.1. Создать комплексы мобильных автоматизированных установок для пиролиза (углежжения), на которых отходящие пиролитические газы не выбрасываются в атмосферу, а используются уже как технологическая среда на других установках получения другой продукции лесохимии. Например, можно предложить новую технологию: отпарку скипидара из хвойной щепы, полученной из лесосечных отходов, отработанными парогазами. Для этих целей использовать цистерны по аналогии для пропарки щепы перед варкой целлюлозы. После извлечения скипидара отходящими парогазами от установки пиролиза, обработанная лесосечная щепа поступает в виде биотоплива потребителю. При пропарке 180 м^3 хвойной щепы (2 щеповоза по 90 м^3) получим минимум 360 кг скипидара-сырца по цене 1200 евро/т, (FCA-июнь-сентябрь 2019 г.), тогда к выручке от продажи 180 м^3 топливной щепы добавляется выручка от продажи скипидара на сумму 432 евро.

4.2. Обеспечить специализированными органическими растворителями. Экстракционные лесохимические производства для извлечения ценных компонентов древесного вещества применяют бензин и спирт и в настоящее время не рентабельны из-за сверхвысокой стоимости этих реагентов. Так в 1970-е гг. отпускная цена для ректификата высшей очистки из мелассы для технических целей была установлена 6 руб. 10 коп. за декалитр или 61 коп. за литр спирта, сегодня цена спирта около 300 руб. за литр, что делает производство нерентабельным. Например, стоимость ценного биологически активного вещества – фитостерина на рынке составляет 17 долл. США/кг. Для его извлечения из отходов сульфатного производства целлюлозы – сульфатного мыла используют этиловый спирт, потери которого в производстве составляют 10 кг на 1 кг фитостерина. Таким образом, только на восполнение потерь спирта потребуется 3 тыс. руб., что в три раза выше стоимости дорогого на рынке продукта.

5. Малые и средние предприятия самостоятельно разработать и изготовить мобильные комплексные установки не смогут, поскольку потребуются серьёзные вложения, которых у них нет. Государство в рамках программы «Лесная кладовая России» сможет оказать содействие в техническом перевооружении малых и средних предприятий лесохимии в регионах.

6. В рамках программы «Лесная кладовая России» государство привлечёт предприятия оборонного комплекса, переходящие на гражданскую продукцию, на техническое перевооружение отечественного ЛПК современным оборудованием для выращивания леса, заготовки, транспортировки и переработки всей биомассы дерева на территории страны.

7. Современный ВПК имеет оборудование и инженерный состав для производства танков, бронеавтомобилей, ракет, и его станочные и инженерные ресурсы, намного выше, чем у любой зарубежной фирмы, поставляющей нам десятилетия своё оборудование.

Взяв передовой отечественный и зарубежный опыт за основу, безусловно отечественный ВПК способен разработать и произвести технику для использования в лесу, и для химической переработки древесины на основе наилучших доступных технологий. Сегодня по сложности и приоритетам поставленные инженерные задачи не легче подготовки полёта на Марс.

Нужно оговориться, что ВПК работает в промышленной кооперации с существующими в России производителями такой техники, что бы их опыт и производственные мощности не только не сократились, но с помощью ВПК по кооперации наращивали выпуск оборудования на новой технологической платформе.

Хочется выразить надежду, что в российском лесу, благодаря поддержке ВПК, будут работать самые экономичные, технологичные машины и оборудование по НДТ с минимальным воздействием на окружающую среду, и будут по качеству выше, чем у конкурентов в мире.

9 Эколого-техническая оценка технологической платформы производства технической целлюлозы в лесном комплексе России

9.1 Технологические требования к НДТ, предъявляемые в мировой ЦБП

На рис. 27 представлен пример безотходного производства, созданный самой природой. Лист – фотосинтезирующий орган высших растений. В листьях протекает уникальная реакция синтеза углеводов из диоксида углерода и воды под влиянием солнечного света, катализируемая хлорофиллом. В результате из неорганических соединений образуются различные моносахариды (например, глюкоза), дисахариды и полисахариды, а также смесь ароматических полимеров – лигнин. Побочный продукт реакции – кислород.

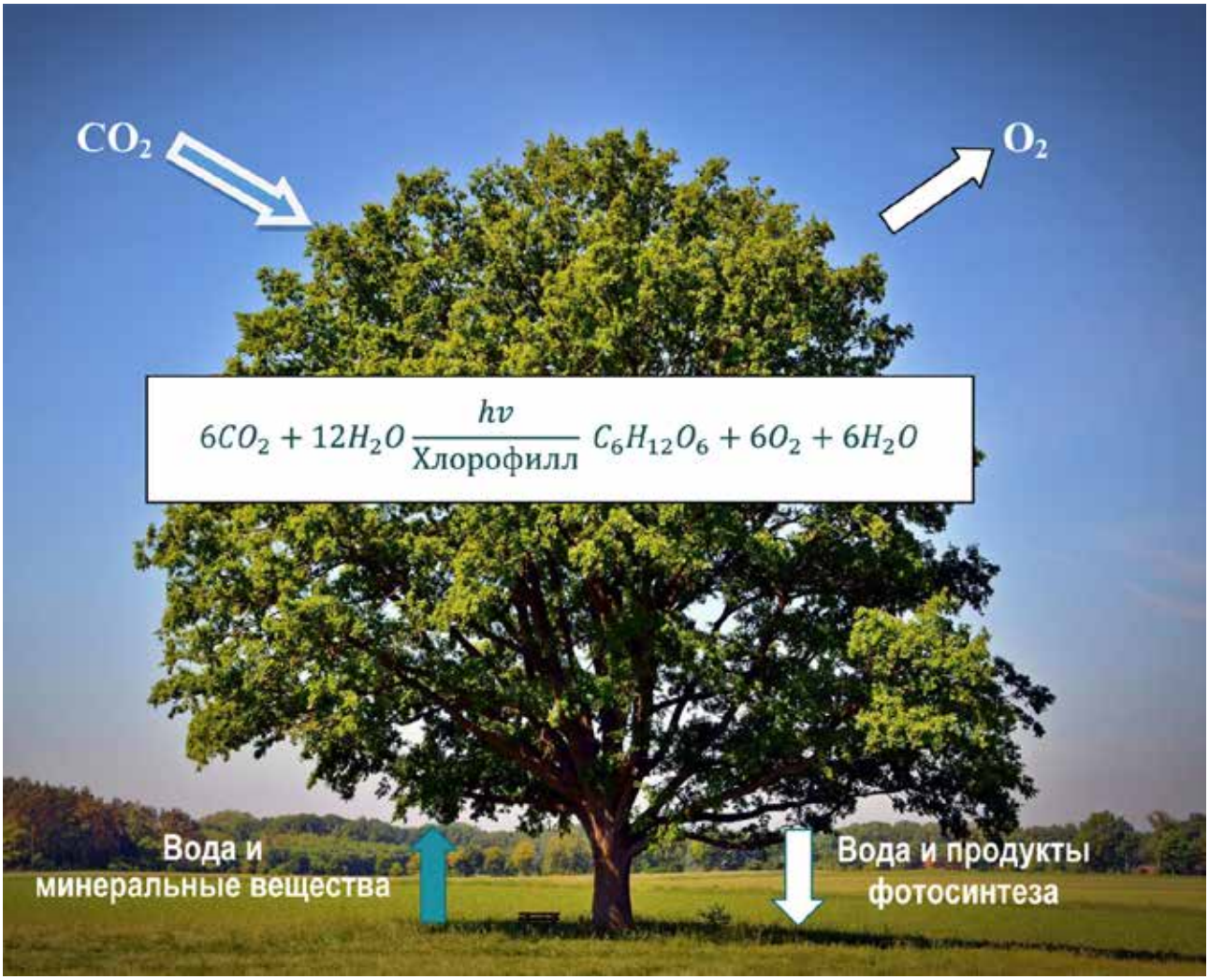


Рис. 27 – Процесс фотосинтеза

Фотосинтез – прекрасный пример организации природой безотходного производства с научно правильным использованием ресурсов!

Производительность этого уникального мирового производства огромна. Если общее количество биомассы на Земном шаре составляет более 1,8 трлн т, то её ежегодный прирост оценивают в 190 млрд т, из которых на древесину приходится 40 млрд т.

Технологии получения волокон целлюлозы из древесины, созданные пока человечеством, конечно, не могут сравниться с технологией, созданной природой, и помимо целлюлозы в результате реализации технологического процесса образуются отходы производства.

Наилучшие доступные технологии – наиболее передовые и испытанные в промышленности технологии, имеющие минимально возможные отходы производства и оказывающие минимальное воздействие на окружающую среду; подчеркнём – в настоящее время. С течением времени технологии производства будут совершенствоваться и наиболее передовые для своего времени станут в качестве наилучших доступных технологий [100,101].

Возможно, будущие поколения специалистов не без иронии оценят ныне существующие технологии производства технической целлюлозы, так же, как сегодня мы оцениваем производство щёлочи при сжигании лесов. Нет сомнения, что накопление новой суммы знаний во всех областях науки и техники даст импульс для смены существующей технологической парадигмы. В частности, одним из перспективных источников целлюлозы взамен древесины будут известные учёным цианобактерии, имеющие генетическую способность синтезировать целлюлозу, которые в будущем после генетической модификации, будут «заняты» на производстве бумаги и других, получаемых из дерева материалов, следовательно, сократится объём вырубки лесов. Исследователи университета штата Техас стали первыми, кому удалось получить убедительные доказательства в пользу этой версии [87].

На сегодняшний день наилучшие доступные технологии в области производства сульфатной белёной целлюлозы представлены на рис. 28.

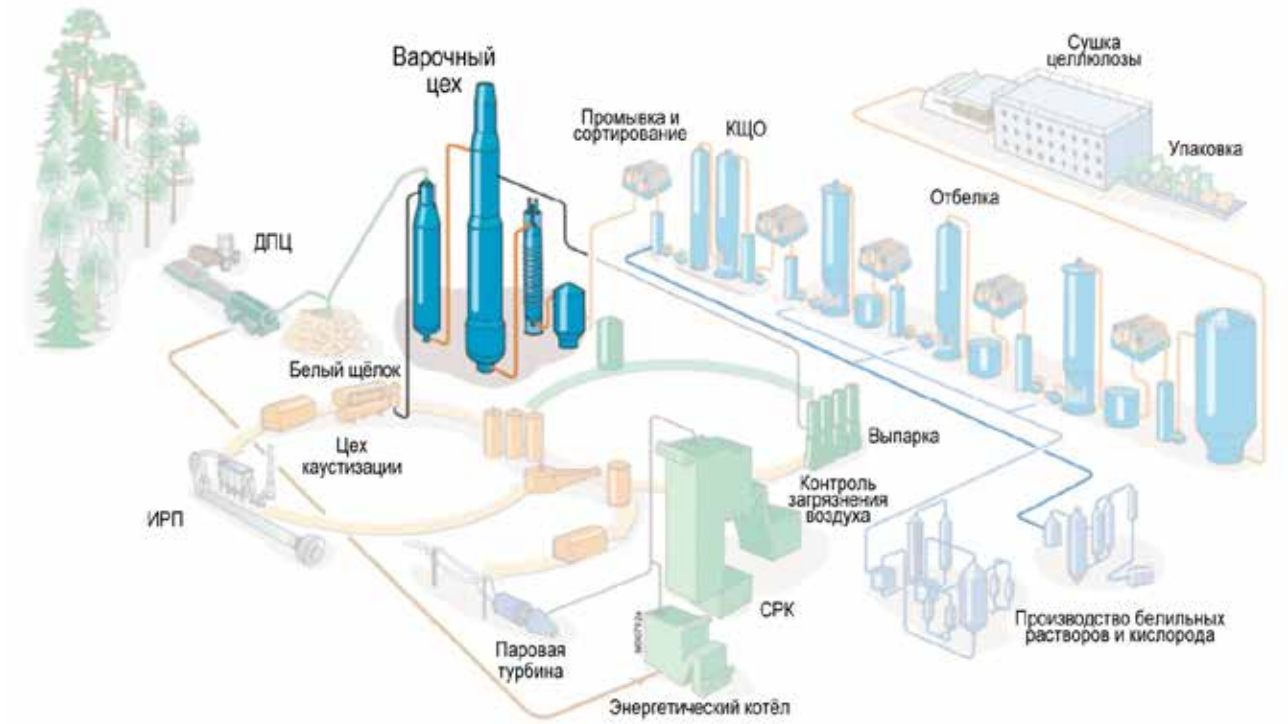


Рис. 28 – Схема современного сульфатцеллюлозного завода

Рассмотрим, как они работают и оценим влияние *основных* технологических стадий производства сульфатной белёной целлюлозы на ресурсоэффективность технологии, уровень сброса и выброса загрязнений в окружающую среду, а также обеспечение рационального использования «зелёной» энергии.

9.1.1 Окорка круглого леса и рубка щепы

Круглый лес, поступающий на площадку завода, подвергается окорке (удалению коры с древесного ствола). Далее окорённые брёвна рубятся в щепу, которая сортируется по

размерам и подаётся на варку целлюлозы. Эти технологические операции проводят в древесно-подготовительном цехе (ДПЦ).

Рассмотрим работу технологической линия по производству щепы на основе НДТ. Брёвна на такую линию обычно доставляют длиной 5-5,5 м автомобильным транспортом. На линии отсутствует слешерный стол для распиловки брёвен на более короткие отрезки. Это важно для снижения потерь древесины: во-первых, не переводится в опилки часть древесины, во-вторых, не увеличивается количество концов брёвен, которые в процессе окорки разбиваются в барабане и при рубке превращаются в некондиционную щепу – «спички». Автопогрузчики выгружают брёвна на крытый приёмный транспортёр длиной 50 м, на котором древесина в зимний период в течение 20 минут размораживается в тёплой воде 45 °С до температуры поверхности 0 °С. Такая обработка нужна для удаления наледи, минеральных включений и способствует снижению адгезии коры к стволу для облегчения процесса окорки и сокращению потерь при окорке. При движении транспортёра отсутствует трение брёвен между собой, поэтому окружающая брёвна вода не проникает в кору, и она не набухает. Это очень важно, поскольку *неповреждённая* кора в воде сохраняет свою высокую теплотворную способность.

Далее брёвна поступают в окорочный односекционный барабан диаметром 5,6 м и длиной 36 м, установленный на гидроопорах с частотой вращения барабана 5-7 об./мин. Масса барабана, заполненного древесиной – 500 т. В барабане брёвна поднимаются по направлению вращения барабана и, достигнув максимальной точки, скатываются вниз и трутся друг о друга. Для отвода коры в барабане проделаны продольные прорези, через которые кора и фрагменты годной древесины вываливаются на транспортёрную ленту и направляются на дополнительное измельчение в молотковой дробилке и обезвоживаются на прессах. Далее кору смешивают с различными древесными отходами и подсушивают топочными газами. Эта операция необходима, поскольку известно, что снижение влажности кородревесных отходов (КДО), например, с 57 % до 52 % повышает теплотворную способность с 1385 до 1791 ккал/кг или на 20 % будет повышен выход «зелёной» энергии. Подсушенные КДО сжигают в корьевом котле, например, с производительностью 130 т пара в час и давлением 6 МПа.

После окорки брёвна поступают в рубительную машину с *горизонтальной* подачей ствола и нижней выгрузкой щепы. Такая конструкция машины отвечает НДТ и обеспечивает требуемую длину ~35 мм и толщину щепы ~5 мм и предохраняет её от дробления на «спички».

Часть полученной щепы направляют на кучевое хранение, а часть в отдел сортирования на геликоидальные сортировальные машины и после сортировки годную щепу направляют ленточным транспортёром в варочный котёл. Только ленточный транспортёр практически не повреждает щепу и является НДТ для её транспортировки.

Порода дерева, имеющая существенную разницу *в плотности* древесного вещества, относительно другой породы, перерабатывается в щепу отдельно и отдельно складируется в кучи. Смешение древесных пород в требуемом соотношении их объёмов в смеси, производят на транспортёрной ленте, подающей щепу на сортирование. В процессе сортирования достигается однородное смешение древесных пород. Такое смешение щепой разных пород обеспечивает однородную композицию по древесному сырью в смеси и является наилучшей доступной технологией.

Использование во всех технологических звеньях производства щепы наилучших доступных технологий, обеспечивает:

– минимальные потери годной древесины вместе с корой при окорке;

– равномерную по толщине и длине щепу, однородный в смеси щепы породный состав, которые важны при диффузионных процессах в варочном котле для равномерной пропитки и делигнификации каждой щепки и всего столба щепы в варочном котле;

– длинная щепа не забивает сита в варочной зоне котла, что стабилизирует процесс варки за счёт беспрепятственной циркуляции щёлока;

– подсушенным КДО повышение выхода «зелёной» энергии.

Суммарные потери годной древесины при использовании НДТ в подготовке щепы из хвойных пород составляют ~2,6 % и из лиственных пород ~3,2 %.

Отметим, что такие потери годной древесины при подготовке щепы зависят не только от состава оборудования, соответствующего НДТ, но требуется соблюдать доступную технологическую культуру производства: использовать на окорку и рубку *однопородный* состав круглого леса, имеющий близкую плотность древесины и физические размеры брёвен, чтобы минимизировать образование лома и отщепов в процессе окорки.

9.1.2 Варка целлюлозы

На схеме сульфатцеллюлозного завода (рис. 28) в качестве примера показан цех непрерывной варки целлюлозы по технологии COMPACT COOKING™, варочная установка которого состоит из двух сосудов. Первый сосуд – пропиточный бункер, второй – варочный котёл. Щепу по транспортеру подают в пропиточный бункер. Цель пропитки – вытеснить воздух из щепы и обеспечить беспрепятственную диффузию варочного раствора в объёме щепки. Для пропитки щепы щёлоком по центральной трубе пропиточного бункера подают смесь охлаждённого белого и чёрного щёлока, поступающего из варочного котла. Пропитку осуществляют в мягких условиях: при низкой температуре и атмосферном давлении. Потом подают горячий щёлок и щепу нагревают до 100 °С. Пропаренная и пропитанная щёлоком щепа специальным разгрузочным устройством выгружается из бункера и подается в питатель высокого давления, который перемещает щепу из пропиточной камеры (атмосферное давление) во второй сосуд – варочный котёл с избыточным давлением. Щепа транспортируется щёлоком с помощью насоса щепы.

В варочном котле образуется столб щепы, двигающийся по высоте котла со скоростью 12-15 м/ч. В котёл подают свежий варочный щёлок, называемый белым щёлоком, поступающим из цеха каустизации и регенерации извести (ЦКРИ). Соотношение древесина-раствор (жидкостной модуль) составляет 1:3 или 3 $м^3$ варочного щёлока на 1 т абсолютно сухой древесины щепы. Расход гидроксида натрия для хвойной древесины (сосна) составляет 19,5-22 % к массе абсолютно сухой древесины в единицах NaOH или 15-17 % в единицах Na_2O. Обычно сульфидность белого щёлока поддерживают на уровне 27-30 %.

Варку проводят при температуре 150-160 °С и давлении 0,7-1,2 МПа в течение 4-5 ч. В варочном котле имеются три зоны: верхняя и нижняя варочные зоны, а также зона диффузионной промывки. В верхнем сепараторе варочного котла поступающая щепа отделяется от транспортирующего щёлока. Острый пар подают в верхнюю часть варочного котла, что обеспечивает нагрев щепы до требуемой температуры варки и равномерного распределения температуры во всём объёме варочного котла. Варка протекает по ходу движения столба щепы в котле (прямоточный режим) по всей высоте варочного котла за исключением зоны промывки. Для поддержания требуемой температуры варки и концентрации щёлочи по высоте котла в теле корпуса имеются сита, через которые отбирают чёрный щёлок и направляют для нагрева в теплообменники и уже в нагретый чёрный щёлок, если необходимо, добавляют белый и возвращают в центральную трубу варочного котла, из которой он распределяется по сечению котла от центра к периферии. Таким образом осуществляют циркуляцию щёлока, кратность которой составляет 5-10, т. е. весь щёлок, сопровождающий движение столба щепы сверху вниз, проходит через подогреватели-

теплообменники 5-10 раз. Промывку сваренной массы в котле осуществляют в его нижней части движением промывной жидкости навстречу столбу массы. В качестве промывной жидкости используют фильтрат от промывки сваренной целлюлозы в промывном диффузоре. Целлюлоза выгружается из варочного котла с помощью разгрузочного устройства в промывной диффузор под давлением при концентрации массы 10-12 %. Из варочного котла отбирают чёрный щёлок в количестве 10 $м^3$/т.

Данный пример непрерывного варочного процесса является одним из многих существующих способов варки, обеспечивающих высокий выход целлюлозы и высокие показатели прочностных свойств для конкретной породы древесины, по сравнению с традиционной технологией производства. Его можно считать НДТ на данном этапе развития ЦБП.

Однако нужно учесть, что варка целлюлозы проводится как непрерывным, так и периодическим способом и с использованием *различного типа* варочных установок. При этом технологические параметры в зависимости от вида продукции и породы древесины (расход активной щёлочи на варку, температура и продолжительность варки) меняются. Поэтому для всех существующих типов варочного оборудования интегрированным показателем оценки его работы является величина *выхода отсортированной целлюлозы*. для конкретного вида производимой целлюлозы и из конкретного вида древесного сырья.

Например, если целлюлоза для отбелки из сосновой древесины по технологии COMPACT COOKING™, признанной НДТ, имеет при уровне 30-35 единиц Каппа выход целлюлозы 46,5 %, *следовательно, другие варочные установки должны иметь выход близкий к данной величине, чтобы считаться работающими по НДТ на производстве целлюлозы для отбелки из сосновой древесины данного региона (отдельно Европейская часть страны и отдельно Сибирский регион).* Такое деление необходимо проводить для всех древесных пород, поскольку выход целлюлозы из древесины, произрастающей в Сибири, ниже, чем в Европейской части страны из-за меньшей базисной плотности древесины и большего содержания смол и жиров и водорастворимых веществ [96].

Аналогично можно оценить варку целлюлозы и полуцеллюлозы для выпуска любых видов целлюлозных полуфабрикатов (белёная и небелёная целлюлоза, картон лайнер и флютинг). Сравнительный анализ работы варочных цехов определит для конкретного вида продукции максимально возможный выход целлюлозы из данной породы древесины в указанном регионе и технологию варки, которая обеспечит максимальный выход продукции и будет принята за НДТ.

9.1.3 Отбелка целлюлозы

Цель отбелки – повысить белизну целлюлозы с 35-40 % до 83-90 % за счёт удаления из волокна остатков окрашенных инкрустирующих веществ.

В 70-80-е гг. прошлого века традиционная технологическая платформа использовала для отбелки целлюлозы молекулярный хлор, раствор гипохлорита натрия. В стоках от отбельного цеха содержались хлорированные органические соединения и хлороформ.

В середине 80-х гг. среди хлорированных органических соединений была обнаружена новая особо опасная группа: полихлорированные дибензо-пара-диоксины (PCDD) и полихлорированные дибензофураны (PCDF) [88], которые получили общее название «диоксины». Они наиболее опасны для окружающей среды, поскольку могут переноситься на большие расстояния, аккумулироваться в жировых тканях организмов, обитающих в водной среде [88].

Было установлено, что образование диоксинов в ЦБП происходит в результате отбелки целлюлозы с применением молекулярного хлора и наибольший вклад в общий эквивалент токсичности вносит 2,3,7,8-тетрахлордибензофуран [89].

Также было доказано, что раствор гипохлорита натрия в процессе отбелки образует хлороформ, оказывающий вредное воздействие на окружающую среду. Кроме того, соли, содержащие азот и фосфор, вызывают бурное развитие водорослей и, как следствие, эвтрофикацию водных объектов.

Проведенная оценка токсичности стоков от различных реагентов, используемых в отбелке целлюлозы, показала необходимость значительного разбавления фильтрата, чтобы достигнуть относительно безопасного уровня загрязнения для человека [90]:

– от процесса хлорирования (Х) – в 116 раз;
– от последующего щелочения (Щ) – в 184 раза;
– от делигнификации пероксидом водорода (П) – в 9,4-85 раз;
– от кислородно-щелочной обработки (КЩО) – в 43-342 раза.

Загрязненность всех без исключения отбельных фильтратов оказалась исключительно высокой, что требует значительного разбавления до безопасного для человека уровня. Таким образом, установили, что преимущество кислородсодержащих реагентов (кислород, пероксид водорода, озон) по сравнению с хлором только в том, что их стоки не содержат ионов хлора и, поэтому могут вместе с чёрным щёлоком сжигаться в содорегенерационном котлоагрегате (СРК). Это и стало основополагающей стратегией совершенствования отбелки технической целлюлозы.

На основании перечисленных фактов в Хельсинкской конвенции по Балтийскому морю (ХЕЛКОМ) в 1995 г. были сформулированы принципы в технологии отбелки целлюлозы, которые обеспечивают наибольшую экологическую безопасность процесса в текущее время:

– исключить условия для образования диоксинов (не использовать молекулярный хлор) и образование хлороформа (не использовать гипохлорит);
– сокращать образование хлорорганических соединений (АОХ) от использования диоксида хлора в отбелке за счёт предварительной обработки целлюлозы молекулярным кислородом, пероксидом водорода, озоном, загрязнённые фильтраты которых не содержат хлорид-ионов и могут утилизироваться вместе с чёрным щёлоком;
– максимально ограничить сброс загрязнений на очистные сооружения за счёт их сжигания совместно с чёрным щёлоком в СРК;
– рекомендуется ограничить сброс АОХ до 0,4 кг/т для существующих предприятий и до 0,2 кг/т для новых предприятий.

Обследование сульфатцеллюлозных предприятий показало, что степень биологической очистки стоков от отбелки хлором и гипохлоритом составляет 30 %, а для фильтратов от отбелки диоксидом хлора 80 %. Кроме того, при использовании кислородно-щелочной делигнификации от 50 % до 65 % растворённого остаточного лигнина поступает на сжигание вместе с чёрным щёлоком в СРК, а не на биологическую очистку стоков. Такое снижение поступления загрязнений приводит к повышению эффективности биологической очистки до 90 %.

Таким образом, технология отбелки целлюлозы соответствует НДТ, если в ней:

1. Перед отбелкой целлюлозы используется установка кислородно-щелочной делигнификации (КЩД);
2. Для отбелки используются кислород, пероксид водорода, которые сокращают расход диоксида хлора (отбелка – ECF);
3. Для отбелки используется кислород, пероксид водорода, и дополнительно озон, который способствует дальнейшему сокращению расхода диоксида хлора по п. 2 (отбелка – «лёгкая» ECF).

Следовательно, только применение комплекса технических мероприятий п. 1, п. 2 – обеспечит снижение сброса АОХ не более 0,2 кг/т, а комплекс мероприятий по п. 1, п. 3 – обеспечит снижение сброса АОХ на уровне 0,1 кг/т.

9.1.4 Сжигание чёрного щёлока в СРК

Регенерация химикатов сульфатцеллюлозного производства – один из основных элементов экономически эффективной и экологически безопасной работы предприятий, в котором ключевую роль играют содорегенерационные котлоагрегаты. За 40 лет, начиная с 1980-х гг., произошёл рост единичной мощности СРК по сжигаемому сухому веществу почти в 6 раз (с 1250 до 8000 т/сут), при этом выбросы загрязнений существенно сокращены, а производство энергии увеличено. Основные технические решения в СРК, соответствующие НДТ, включают следующие позиции:

1. При сжигании в топке СРК более концентрированного чёрного щёлока (75-85 % вместо 65 %) улучшаются условия его горения и уменьшается количество дымовых газов, содержащих диоксид серы и сероводород, увеличивается производительность СРК по сжигаемому щёлоку и сокращаются потери серы в цикле регенерации.
2. Оптимизировано управление процессом сжигания щёлоков за счёт четырёх уровней подачи воздуха для горения: сопло первичного воздуха; сопло вторичного воздуха; сопло верхнего вторичного воздуха; сопло третичного воздуха, с которым поступают на сжигание слабые неконденсирующиеся газы (третичный воздух обеспечивает снижение выбросов NO_X).
3. Созданы технические условия для повышения энергоэффективности котлов с получением острого пара 490-515 °С и давлением до 105 бар.

Содорегенерационный котлоагрегат – энерготехнологический агрегат. В процессе сжигания сгущённого чёрного щёлока в СРК регенерируется затраченная на варку щёлочь, а сульфат натрия восстанавливается до сульфида натрия и производится тепловая энергия.

Сульфатный чёрный щёлок рассматривают как влажное, высокозольное и низкокалорийное топливо, поскольку теплотворная способность сухих веществ чёрного щёлока низкая и находится в пределах 15,1-16,0 МДж/кг. Предварительно нагретый концентрированный чёрный щёлок распыляется в топку СРК с помощью нескольких форсунок, в которых струя щёлока дробится на капли 2-5 мм. Небольшой размер обеспечит за 1,5 секунды протекание 3-х стадий сжигания капли: сушка, удаление летучих компонентов, и сжигание углерода до попадания углерода в плав. Углерод, попадая в плав играет важную роль в восстановлении сульфата натрия (Na_2SO_4) до сульфида натрия (Na_2S) по реакции

$$Na_2SO_4 + 2C = Na_2S + 2CO_2.$$

Сульфид натрия – активный химический реагент, используемый совместно с едким натром (NaOH) в процессе варки. В расплаве на поду котла также происходят реакции термоокисления с образованием карбоната натрия (Na_2CO_3) и сульфата натрия (Na_2SO_4) по реакциям

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

и

$$Na_2S + CO_2 + H_2O = Na_2CO_3 + H_2S,$$

а также наблюдается регенерация серы по реакции

$$2SO_2 + O_2 + 2Na_2CO_3 = 2Na_2SO_4 + 2CO_2.$$

Для сжигания выделяющихся из огарка горючих газов в топку котла вентилятором подают вторичный и третичный воздух (обозначают уровень подачи по высоте котла). Степень восстановления определяют величиной превращения сульфата натрия в сульфид, которая обычно составляет от 90 % до 92 %.

Для восполнения потерь серы и щёлочи перед сжиганием в чёрный щёлок дополнительно вводят требуемое количество сульфата натрия.

Образующийся на поде топки плав солей стекает с пода котла через лётку, охлаждаемую водой, в бак растворителя плава, в котором его растворяют в слабом белом

щёлоке из цеха каустизации, и получают зеленый щёлок. Для разбивания струи плава используют пар. Имеется вытяжная труба для отвода образовавшихся парогазов, которые направляют на сжигание.

Перечисленный комплекс современных технических решений в СРК, обеспечивающий работу по НДТ, требует строительства нового котлоагрегата. Это – самая дорогостоящая и необходимая часть модернизации любого сульфатного производства при переходе на наилучшие доступные технологии. Чтобы оценить масштабы и стоимость строительства СРК, отметим, что только общая длина труб нагревательных поверхностей в современном СРК, производительностью более 8 тыс. т а. с. целлюлозы в сутки, составляет 500 км.

9.1.5 Сбор и сжигание дурнопахнущих газов

Образование летучих сернистых соединений (дурнопахнущих газов) происходит в варочном цехе при варке целлюлозы и на выпарной станции при выпарке щёлоков. Дурнопахнущие газы разделяют на высококонцентрированные дурнопахнущие газы (ВК ДПГ) с содержанием серы ~4 кг/т в. с. целлюлозы и низкоконцентрированные дурнопахнущие газы (НК ДПГ) с содержанием серы ~0,5 кг/т в. с. целлюлозы.

Основным техническим решением их обезвреживания является *только* раздельный сбор, раздельная транспортировка и раздельное сжигание ВК ДПГ и НК ДПГ.

На рис. 29 представлены конкретные источники образования ВК ДПГ, которыми являются технологические линии сбора скипидара из терпентинных сдувок (периодическая варка) и линии конденсации парогазов от котлов периодической и непрерывной варки, из баков грязного конденсата. На рисунке также указана система сбора ВК ДПГ и примеры их сжигания, предлагаемые фирмой «Метсо».

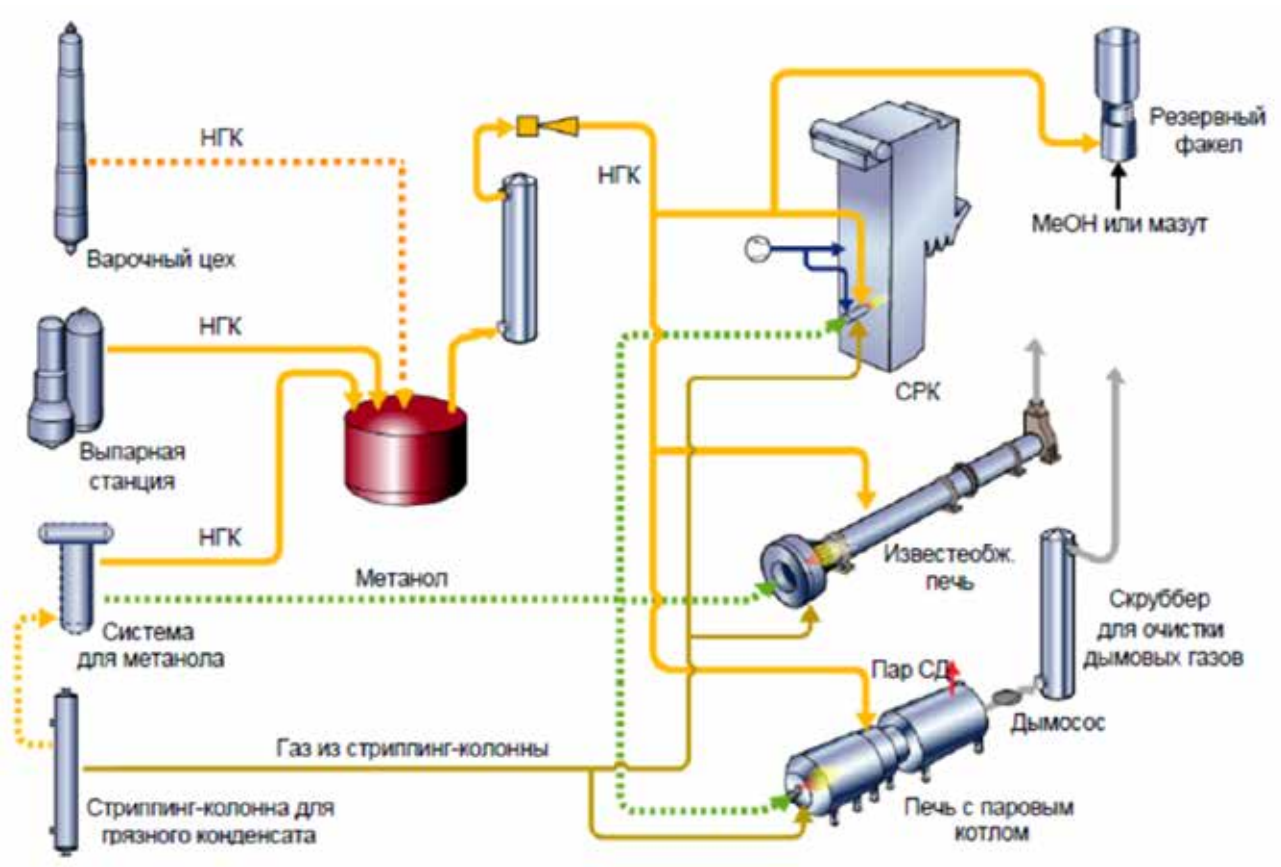


Рис. 29 – Источники образования, система сбора ВК ДПГ и примеры их сжигания в СРК, ИРП, энергетическом котле по предложению фирмы «Метсо»

На рис. 30 представлены конкретные источники образования низкоконцентрированных дурнопахнущих газов, которыми является оборудование для промывки и сортирования сваренной (бурой) целлюлозы, а также баковое хозяйство промывного отдела и отдела сортирования. Кроме того, источником НК ДПГ в выпарном цехе являются баки для чёрного щёлока, в ЦКРИ – баки для белого щёлока. На рисунке также указана система сбора НК ДПГ и пример их сжигания в СРК с третичным воздухом, предлагаемый фирмой «Метсо».

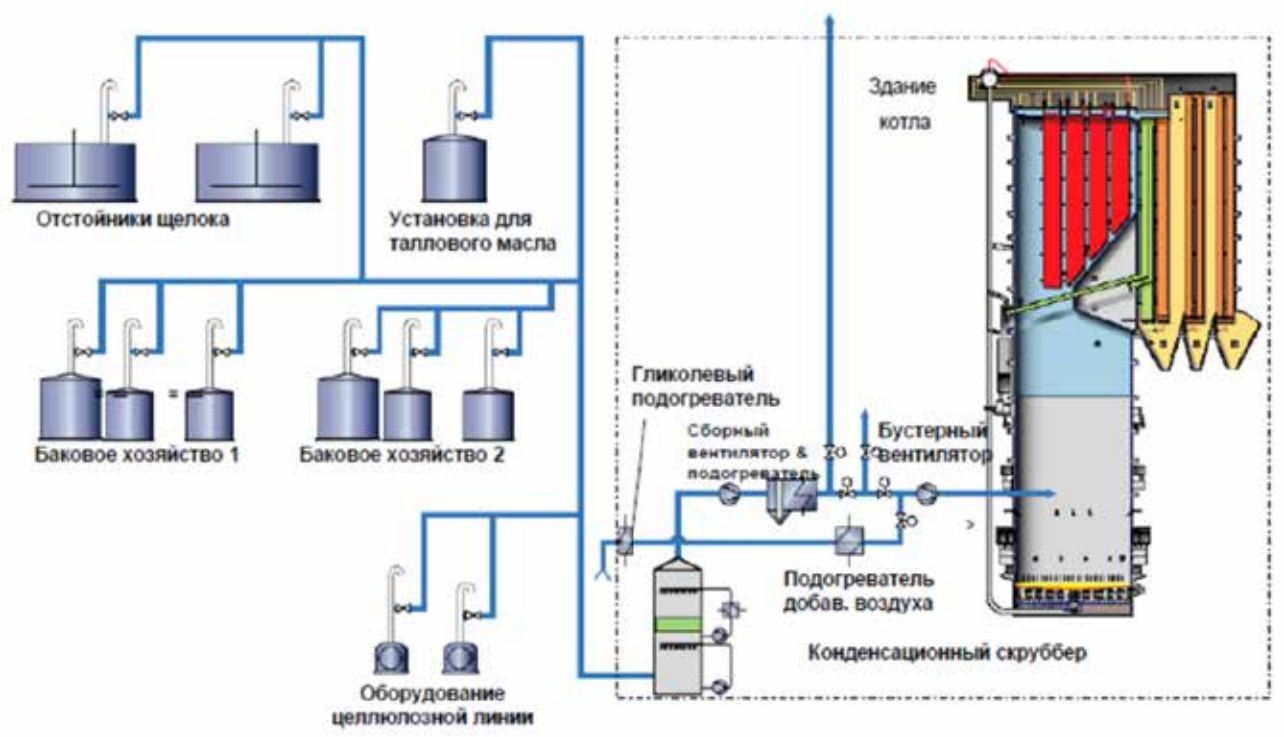


Рис. 30 – Источники образования, система сбора НК ДПГ и пример их сжигания в СРК с третичным воздухом, по предложению фирмы «Метсо»

Такие технологии сжигания низкоконцентрированных и высококонцентрированных газов – наилучшие доступные технологии, аппаратурные решения предоставляются многими фирмами.

9.1.6 Экспертная оценка технических решений, определяющих работу сульфатцеллюлозного предприятия, производящего белёную целлюлозу по НДТ

В разделах 9.1.1-9.1.5 описаны *основные* технологические узлы производства, которые определяют ресурсосбережение и его экологическую безопасность по сбросам и выбросам загрязняющих веществ, и максимальное использование и получение «зелёной» энергии.

В табл. 9.1 представлены технологические операции на основных производственных участках и технологические параметры работы этих участков, отвечающие НДТ.

Такой экспертный подход к оценке использования НДТ поможет неспециалистам в области ЦБП по ответам предприятий в табл. 9.1 оценить технологии производства на соответствие НДТ. Эта таблица, безусловно, требует проработки и здесь приведена как возможный пример упрощённого подхода к оценке применяемых технологий и может быть использована в качестве таблицы-опросника, высылаемого на предприятия.

Табл. 9.1 – Экспертная технологическая оценка производственных участков получения сульфатной белёной целлюлозы, соответствующих работе по принципам НДТ

Номер	Технологический участок	Технологическая операция	Параметры работы и результаты, получаемые по НДТ
1	Древесно-подготовительный цех	Окорка круглого леса и рубка щепы	Переработка круглого леса – 5-5,5 м Сухая окорка Суммарные потери годной хвойной древесины (кора не учитывается) – 2,6 % Потери лиственной годной древесины (кора не учитывается) – 3,2 %
2	Цех варки	Варка целлюлозы	Пример: COMPACT COOKING™, целлюлоза из сосны, число Каппа 30-35, выход целлюлозы 46,5 %
2.1		Кислородно-щелочная делигнификация (1 или 2 ступени)	
3	Цех отбелки	В отбельном цехе используются: - кислород - пероксид водорода - диоксид хлора	Отбелка ECF: сброс AOX не более 0,2 кг/т
3.1		В отбельном цехе используются: - кислород - пероксид водорода - озон - диоксид хлора	Отбелка «лёгкая» ECF: сброс AOX не более 0,1 кг/т
4	СРК	Сжигание чёрного щёлока:	Концентрация чёрного щёлока на сжигание 75-85 % Четыре уровня подачи воздуха: - первичный - вторичный - верхний вторичный воздух - третичный воздух Пример: Получение острого пара 490-515 °С, давление 105 бар
5	Варочный цех, выпарная станция, ЦКРИ	Сбор и сжигание дурнопахнущих газов – ВК ДПГ и НК ДПГ в: - СРК - ИРП - паровой котёл	Наличие сжигания ВК ДПГ и НК ДПГ

Выводы:

1. Для соответствия НДТ производства сульфатной белёной целлюлозы должны присутствовать все без исключения технологические операции и параметры их работы по п.1-5 в соответствии с табл. 9.1.

2. Если на предприятии есть все технологические операции, соответствующие статусу НДТ по п. 1-5, однако при подготовке щепы предприятием потери древесного сырья больше, чем по п. 1 (табл. 9.1), следует рассматривать это факт как отсутствие технологической культуры производства, а именно:

2.1. Получение щепы сразу из смеси круглого леса хвойных пород в присутствии лиственницы и кедра. Аналогично при подготовке щепы сразу из смеси берёзы и осины.

2.2. Недостаток по п. 2.1 приведёт к варке смеси хвойных пород, включающую лиственницу и кедр, неоднородного состава, что автоматически сокращает выход целлюлозы ниже, указанного в п. 2 (табл. 9.1).

10 Основные технологические процессы, определяющие ресурсоэффективность целлюлозно-бумажной отрасли. Сравнительный анализ технологической платформы 1980-х гг. и современной платформы, основанной на принципах НДТ

В разделе 9 описаны основные НДТ, которые применяются мировой ЦБП в настоящее время. В этом разделе выделим технологические процессы, определяющие ресурсосбережение *древесного сырья* во всём производственном цикле. Проведем сравнительную оценку технологических платформ: по потерям древесного сырья и волокна; удельным расходам энергоресурсов и устойчивому обеспечению древесным сырьём.

Потери древесного сырья и волокна. Как видно из рис. 31 и рис. 32, на всем протяжении производственной цепи старой технологической платформы потери годной древесины при подготовке щепы в среднем выше на ~3,5 %, потери древесного вещества на варке – на ~1 % и потери волокна в производственном процессе – на ~3,1 % для производства волокон из хвойной и лиственной древесины. Таким образом, сравнивая производство, действующее на основе НДТ, и производство, работающее на старой технологической платформе, можно сделать следующий вывод: для получения 1 т товарной беленой целлюлозы на традиционной платформе требуется дополнительно сварить целлюлозу, дополнительно поставить древесное сырьё, затратить энергоресурсы, и дополнительно разместить загрязняющие вещества в окружающей среде (табл. 10.1).

На рис. 31 и рис. 32 представлена интегральная оценка ресурсоэффективности ЦБП, организованного на традиционной платформе 1980-х гг. и на платформе НДТ.

В табл. 10.1 представлена качественная оценка дополнительных затрат древесины, волокна, энергоресурсов и воздействия на окружающую среду при работе на традиционной (относительно современной технологической платформе на основе НДТ).

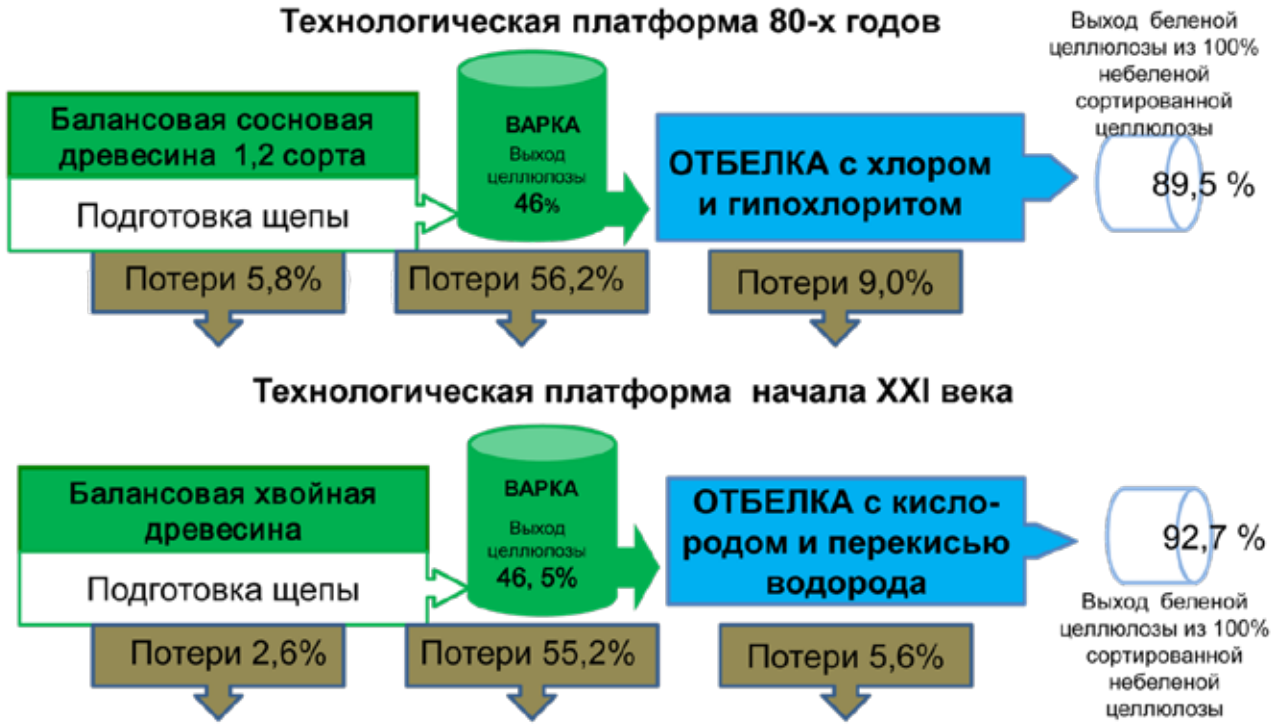


Рис. 31 – Потери полезной древесины при подготовке щепы из хвойных пород и выход беленой целлюлозы на технологической платформе производства в 80-е гг. XX в. и на основе НДТ в XXI в.

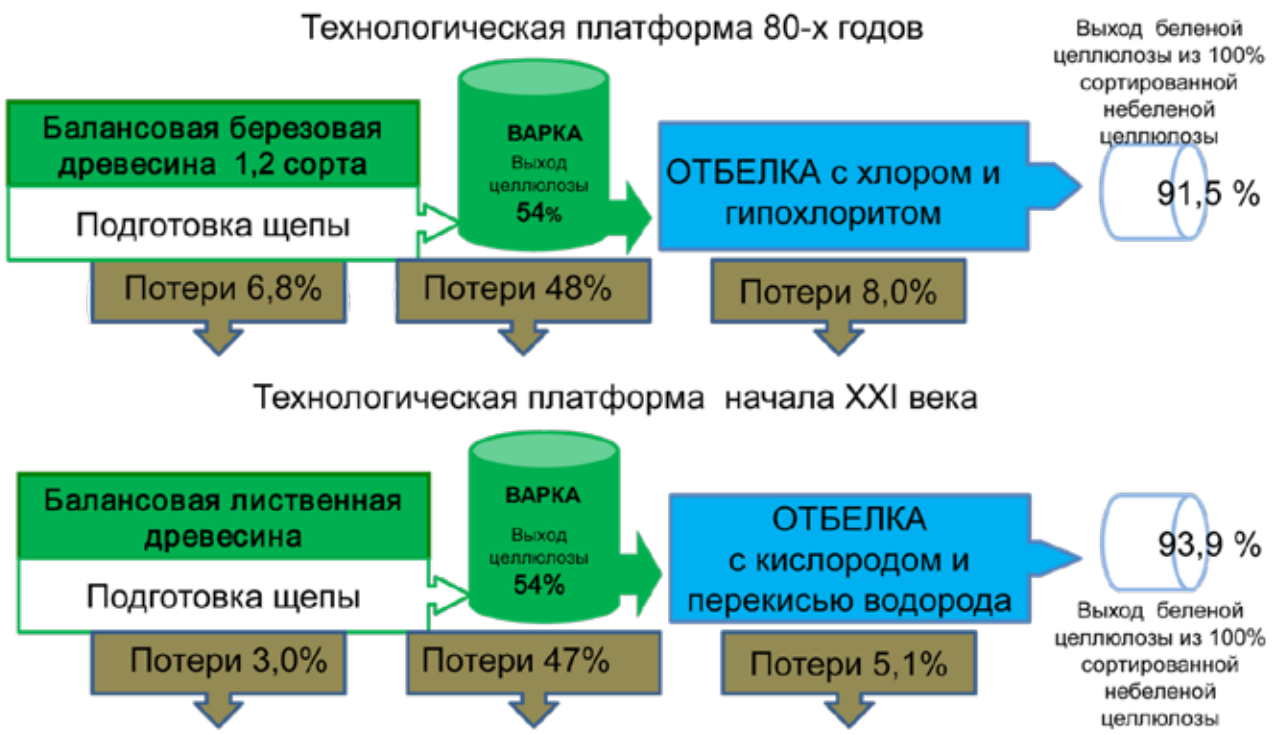


Рис. 32 – Потери полезной древесины при подготовке щепы из лиственных пород и выход беленой целлюлозы на технологической платформе производства в 80-е гг. XX в. и на основе НДТ в XXI в.

Табл. 10.1 – Нерациональные затраты древесины при производстве, действующем на традиционной технологической платформе 1980-х гг.

Технологический участок	Потери древесины	Восполнение потерь древесины	Влияние на экологию
Древесно-подготовительный цех	при подготовке щепы	Дополнительная поставка древесного сырья и дополнительные расходы на получение щепы, дополнительный расход тепловой, электрической энергии и варочного щёлока на дополнительную варку	Дополнительная площадь вырубки лесов, дополнительный сброс ХПК, взвешенных веществ на очистные сооружения; дополнительные газовые выбросы.
Варочный цех	при варке при сортировании и очистке		
Отбельный цех	при отбелке		

Примечание: если предприятие работает по НДТ, но потери древесины выше на всех стадиях производства относительно требований НДТ – это означает отсутствие на предприятии технологической культуры и на нём перерабатывают все породы древесины без учёта их базисной плотности (использование лиственницы при окорке вместе с сосной; использование берёзы при окорке с осиной, см. табл. 10.2)

Для количественной оценки принято, что для получения 1 т в. с. товарной белёной целлюлозы на современной технологической платформе НДТ применительно к сырьевой базе России, удельный расход берёзовой древесины составляет 4,3 м^3 и сосновой – 5,8 м^3, в этом случае для старой технологической платформы, удельный расход древесного сырья достигает 4,5 м^3 и 6,0 м^3 соответственно. Как показывает рис. 33, при выпуске товарной хвойной и лиственной беленой целлюлозы эта разница в удельном расходе древесины с ростом объёмов производства увеличивает количество потребляемой древесины, и, соответственно, увеличивает площадь вырубки лесов с необходимостью дополнительного строительства лесных дорог с твердым покрытием (рис. 34).

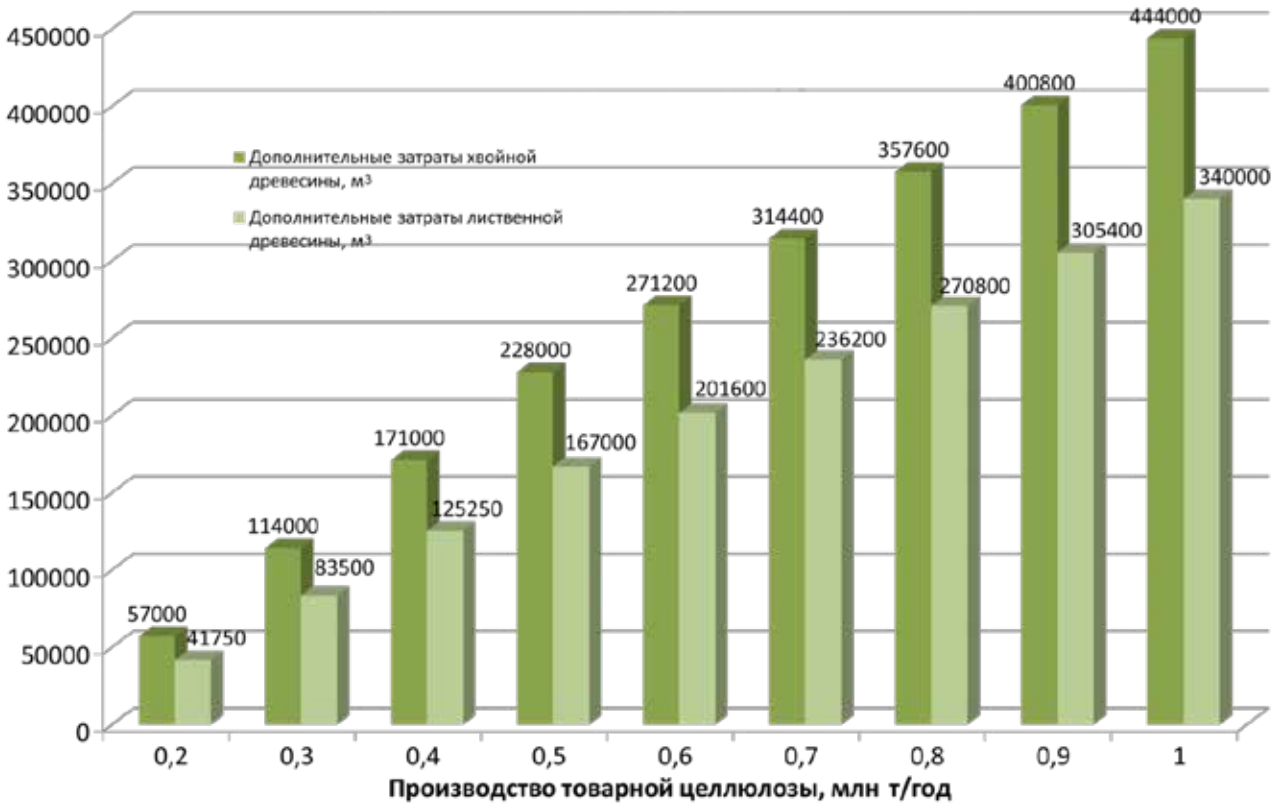
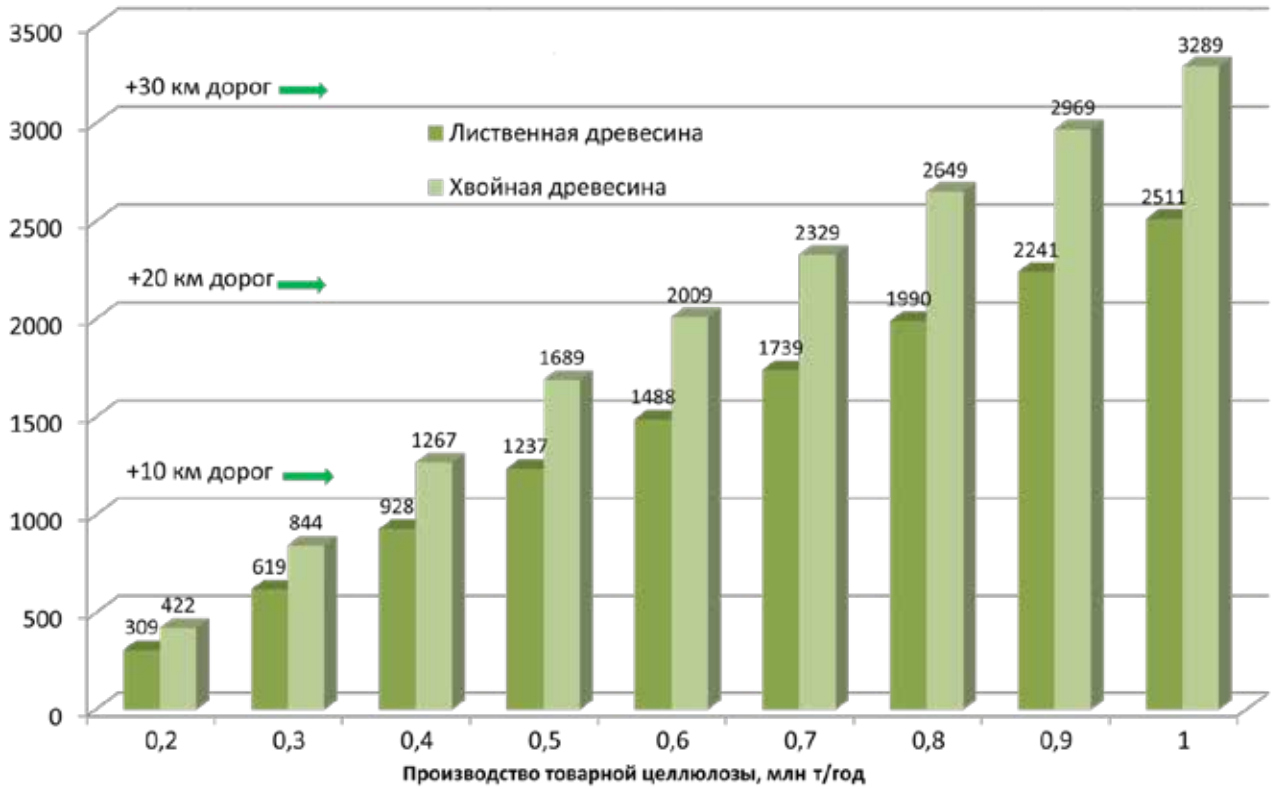


Рис. 33 – Увеличение дополнительных затрат древесного сырья на выпуск хвойной и лиственной беленой товарной целлюлозы при работе на технологической платформе 1980-х гг. относительно НТД в XXI в. при росте объёмов производства



ПРИМЕЧАНИЯ: Для условий сплошной рубки древесины при среднем запасе спелой и перестойной древесины 135 м³/га
На каждые 1000 га вырубки требуемая протяженность лесных дорог с твердым покрытием 10-12 км

Рис. 34 – Дополнительная площадь вырубки леса и длина дополнительных лесных дорог, требуемые при работе на старой технологической платформе производства беленой хвойной и лиственной целлюлозы

В табл. 10.2 представлены потери древесного сырья при производстве щепы по технологии 1980-х гг. и по НДТ.

Табл. 10.2 – Потери годной древесины при подготовке щепы из круглого леса по традиционной технологии и по технологии, соответствующей НДТ [91]

	Стадия производства волокна	Потери годной древесины, %			
	Подготовка щепы	ель	сосна + ель	сосна + ель + лиственница	берёза + осина
1	Данные промышленных предприятий РФ по традиционной технологии	4,0	5,8	7,2	9,8
2	По НДТ (размораживающий транспортер + рубительная машина с горизонтальной подачей бревна и нижней выгрузкой щепы)	2,6*			3,0*
3	Дополнительные потери древесины по сравнению с НДТ	1,4	3,2	4,6	6,8

* Величина потерь при использовании древесины одной породы или древесных пород близких по плотности, чтобы предотвратить дополнительные потери (данные производителей оборудования). В ИТС 1-15 потери круглого леса при подготовке щепы на действующих производствах оценены как 9-12 %.

Расход тепловой. электрической энергии и свежей воды. Для традиционной технологической платформы были рассчитаны удельные нормы расхода на выпуск товарной продукции. Источником данных для расчёта послужили нормативные материалы [92], а также удельные нормы расхода на производство отбеливающих реагентов, очистку загрязненных конденсатов и другие технологические нужды, которые были пересчитаны в Гкал/т, кВт·ч/т и м^3/т в. с. товарной продукции. Расчёты показали, что средний расход тепловой энергии на предприятиях старой технологической платформы при производстве хвойной беленой целлюлозы – 18,63ГДж/т, расход электроэнергии 850 кВт·ч/т и свежей воды 105 м^3/т в. с. товарной целлюлозы. Полученные данные сравним с удельными расходами, характерными для традиционной технологической платформы (рис. 35). Как видно, при традиционное производство характеризуется существенно более высокими удельными расходами тепловой энергии и свежей воды. Следует отметить, что интегрированное предприятие, работающее на основе НДТ, производящее беленую целлюлозу и из неё высококачественную бумагу без покрытия, имеет удельный расход тепловой энергии лишь на 1,34 ГДж/т больше, а свежей воды только на 10 м^3/т больше, чем тратит производство целлюлозы на тонну товарной продукции.

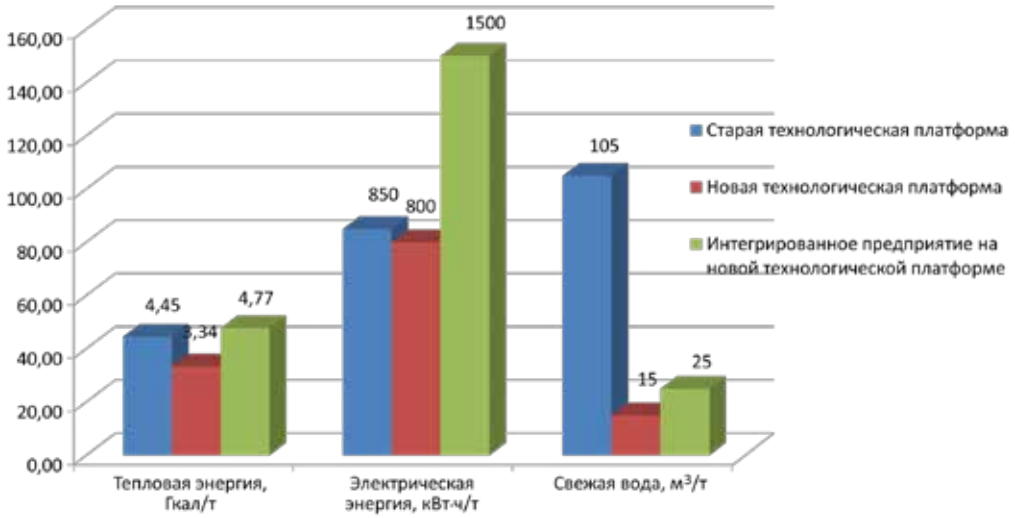


Рис. 35 – Расход свежей воды, тепловой и электрической энергии на производство 1 т воздушно-сухой товарной продукции при использовании старой и новой технологических платформ

Представленные выше расчётные интегральные показатели ресурсосбережения древесного сырья на рис. 31 (хвойная древесина), выход целлюлозы по старой технологии (89,5 %), по НДТ (92,7 %) и на рис. 32 (лиственная древесина), выход целлюлозы по старой технологии (91,5 %), по НДТ (93,9 %) далее пересчитаем в дополнительные производственные затраты при выпуске продукции 500 тыс. т в год и 1,0 млн т в год.

В табл. 10.3 показано, как меньший выход товарной целлюлозы по традиционной технологии требует сварить дополнительное количество целлюлозы, чтобы соответствовать НДТ. Соответственно, это даст дополнительные производственные расходы по основным статьям – древесное сырьё, энергоресурсы (в расчёт не включены затраты на труд).

Табл. 10.3 – Разница в количестве сваренной целлюлозы, необходимой для производства 0,5 млн. т и 1 млн. т товарной целлюлозы на старой и современной технологической платформе

	Производство товарной хвойной целлюлозы		Производство товарной лиственной целлюлозы	
	500000т/год	**1000000т/год**	**500000т/год**	**1000000т/год**
Объем варки по старой технологии	500000т:0,895= 559000т	1000000т:0,895= 1117000т	500000т:0,915= 546000т	1000000т:0,915= 1093000т
Объем варки по новой технологии	500000т:0,927= 539000т	1000000т:0,927= 1079000т	500000т:0,939= 532500т	1000000т:0,939= 1065000т
Δ, т	**20000**	**38000**	**13500**	**28000**

В табл. 10.4 представлено количество круглого леса, которой нужно дополнительно использовать, чтобы соответствовать современной технологической платформе на основе НДТ.

Табл. 10.4 – Разница затрат балансовой древесины на производство 0,5 млн. т и 1 млн. т товарной целлюлозы на старой и современной технологической платформе

	Производство товарной хвойной целлюлозы		Производство товарной лиственной целлюлозы	
	500000т/год	**1000000т/год**	**500000т/год**	**1000000т/год**
Объем варки по старой технологии	500000т:0,895= 559000т	1000000т:0,895= 1117000т	500000т:0,915= 546000т	1000000т:0,915= 1093000т
Объем варки по новой технологии	500000т:0,927= 539000т	1000000т:0,927= 1079000т	500000т:0,939= 532500т	1000000т:0,939= 1065000т
Потребность в балансе по старой технологии	559000 т х 6,0 м^3/т = 3352000 м3	1117000 т х 6,0м^3/т = 6702000 м3	546000 т х 4,5 м^3/т = 2457000 м3	1093000 т х 4,5 м^3/т = 4919000 м3
Потребность в балансе по новой технологии	539000 т х 5,8 м^3/т = 3126000 м3	1079000 т х 5,8 м^3/т = 6258000 м^3	532500 т х 4,3 м^3/т = 2290000 м^3	1065000 х 4,3 м^3/т = 4580000 м^3
Δ, м^3	**226000**	**444000**	**167000**	**339000**

Дополнительное количество круглого леса требуется сварить, на что потребуются дополнительные энергоресурсы, представленные в табл. 10.5 (тепловая энергия), табл. 10.6 (электрическая энергия) и табл. 10.7 (расход свежей воды).

Табл. 10.5 – Разница затрат тепловой энергии на производство 0,5 млн. т и 1 млн. т товарной сульфатной целлюлозы на старой и современной технологической платформе

	Производство товарной хвойной целлюлозы		Производство товарной лиственной целлюлозы	
	500000т/год	**1000000т/год**	**500000т/год**	**1000000т/год**
Объем варки по старой технологии	500000т:0,895= 559000т	1000000т:0,895= 1117000т	500000т:0,915= 546000т	1000000т:0,915= 1093000т
Объем варки по новой технологии	500000т:0,927= 539000т	1000000т:0,927= 1079000т	500000т:0,939= 532500т	1000000т:0,939= 1065000т
Потребность в тепловой энергии по старой технологии, Гкал	559000 т х 4,45 Гкал/т = 2488000 Гкал	1117000 т х 4,45 Гкал/т = 4971000 Гкал	546000 т х 4,45 Гкал/т = 2430000 Гкал	1093000 т х 4,45 Гкал/т = 4864000 Гкал
Потребность в тепловой энергии по новой технологии, Гкал	539000 т х 3,34 Гкал/т = 1800000 Гкал	1079000 т х 3,34 Гкал/т = 3604000 Гкал	532500 т х 3,34 Гкал/т = 1779000 Гкал	1065000 х 3,34 Гкал/т = 3557000 Гкал
Δ, Гкал/т	**688000**	**1367000**	**651000**	**1307000**

Табл. 10.6 – Разница затрат электрической энергии на производство 0,5 млн. т и 1 млн. т товарной сульфатной целлюлозы на старой и современной технологической платформе

	Производство товарной хвойной целлюлозы		Производство товарной лиственной целлюлозы	
	500000т/год	**1000000т/год**	**500000т/год**	**1000000т/год**
Объем варки по старой технологии	500000т:0,895= 559000т	1000000т:0,895= 1117000т	500000т:0,915= 546000т	1000000т:0,915= 1093000т
Объем варки по новой технологии	500000т:0,927= 539000т	1000000т:0,927= 1079000т	500000т:0,939= 532500т	1000000т:0,939= 1065000т
Потребность в электрической энергии по старой технологии, кВт..ч/т	559000 т х 850 кВт.ч/т = 475,150 млн. кВт.ч	1117000 т х 850 кВт.ч/т = 949,450 млн. кВт.ч	546000 т х 850 кВт.ч/т = 464,100 млн. кВт.ч	1093000 т х 850 кВт.ч/т = 929,050 млн. кВт.ч
Потребность в электрической энергии по новой технологии, кВт..ч/т	539000 т х 800 кВт.ч/т = 431,200 млн.кВт.ч	1079000 т х 800 кВт.ч/т= 863,200 млн. кВт.ч	532500 т х 800 кВт.ч/т = 426,000 млн. кВт.ч	1065000 х 800 кВт.ч/т = 852,000 млн. кВт.ч
Δ, млн. кВт.ч/т	**43,95**	**86,25**	**38,10**	**77,05**

Табл. 10.7 – Разница затрат свежей воды на производство 0,5 млн. т и 1 млн. т товарной целлюлозы на старой и современной технологической платформе

	Производство товарной хвойной целлюлозы		Производство товарной лиственной целлюлозы	
	500000т/год	**1000000т/год**	**500000т/год**	**1000000т/год**
Объем варки по старой технологии	500000т:0,895= 559000т	1000000т:0,895= 1117000т	500000т:0,915= 546000т	1000000т:0,915= 1093000т
Объем варки по новой технологии	500000т:0,927= 539000т	1000000т:0,927= 1079000т	500000т:0,939= 532500т	1000000т:0,939= 1065000т
Потребность в свежей воде по старой технологии	559000 т х 105м^3/т = 58,70 млн м3	1117000 т х 105 м^3/т = 117,29 млн. м3	546000 т х 105 м^3/т = 57,33 млн. м3	1093000 т х 105 м^3/т = 114,77 млн. м3
Потребность в свежей воде по новой технологии	539000 т х 15 м^3/т = 8,09 млн. м3	1079000 т х 15 м^3/т = 16,19 млн. м^3	532500 т х 15 м^3/т = 7,99 млн. м^3	1065000 х 15 м^3/т = 15,98 млн. м^3
Δ, млн. м^3	**50,6**	**101.1**	**49,3**	**98,8**

Данные, указанные в табл. 10.3-10.7, однозначно показывают, что обеспечение высокой ресурсоэффективности при использовании НДТ – один из путей развития отечественных предприятий для их устойчивого положения на мировом рынке.

Ещё раз отметим, что новое оборудование, соответствующее НДТ, не даст результата, пока не будет соблюдаться технологическая культура рационального и эффективного использования древесных пород, основанная на раздельном применении лиственницы и кедра от остальных хвойных пород при окорке и варке. Аналогично и для лиственных пород следует соблюдать требование раздельного применения берёзы и осины при окорке круглого леса. Для совместной варки берёзы и осины необходимо их смешение в принятом объёмном соотношении проводить в щепе до процесса сортирования, на котором и происходит однородное смешение пород в смеси.

Рекомендации по совершенствованию подходов к определению наилучших доступных технологий для актуализации информационно-технического справочника по НДТ для целлюлозно-бумажного производства (для обсуждения с заинтересованными сторонами)

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 1-2015 должен демонстрировать, что переход на НДТ необходим предприятиям для планирования и осуществления эколого-технологической модернизации и, тем самым, для сокращения производственных затрат за счёт снижения технологических потерь. НДТ обеспечивают дополнительный выпуск продукции, меньшее количество сбросов и выбросов загрязнений в окружающую среду. И так происходит во всём мире, поскольку бизнес движется в направлении внедрения НДТ, чтобы сохранить и упрочить своё положение на рынке, улучшая экологическую результативность [102].

Справочник ИТС 1-2015 представляет большую и полную подборку материала по использованию НДТ в ЦБП, что и должно быть, но компоновка и качество аналитического материала и его интерпретация в справочнике, вызывают ряд вопросов:

– во-первых, компоновка материала для оценки работы предприятий сфокусирована только на выходных данных из «трубы» производства, оставляет всю работу основных

технологических процессов в виде «чёрного ящика», что не отвечает тезису: экологическая безопасность определяется основной технологией производства;

– во-вторых, выбор данных по удельным затратам древесного сырья, энергоресурсов на выпуск 1 т в. с. целлюлозы требует полной переработки (а это главный аналитический материал справочника для экспертных расчётов);

– в-третьих, интерпретация затрат на новые и порой дорогие технологии не указывает на значительные экономические преимущества, получаемые для всей производственной цепи.

Рекомендации по актуализации информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона»

Для структурирования вопросов эффективного использования древесного сырья составлена табл. 9.1, в которой дана экспертная технологическая оценка производственных участков получения сульфатной белёной целлюлозы, соответствующих работе по принципам НДТ. Ответы предприятий, на основании которых заполнена таблица, дадут укрупнённое, но понятное представление о соответствии технологий на данном производстве принципам НДТ. Это позволяет сопоставить ресурсоэффективность производства.

На рис. 31 и рис. 32 в графической форме представлены потери древесины по основным звеньям производственной цепи (подготовка щепы, варка, отбелка) и дана интегральная оценка эффективности использования древесного сырья на основе выхода товарной продукции.

Итак, каковы же рекомендации по актуализации ИТС 1-2015?

Отметим, что все информационно-технические справочники последовательно актуализируются, совершенствуются, такой подход отражает международную практику, он принят в России, где процесс пересмотра и создания новых версий ИТС начался в 2019 г.

Мы уже обращались к цели разработки справочников: они должны стимулировать промышленность к ресурсно-технологической и эколого-технологической трансформации производства. Найти баланс между инновацией и модернизацией достаточно сложно, изначально термин «модернизация» был предложен для описания процессов перехода от аграрной к индустриальной модели экономики, а понятие «инновации» – для обсуждения особенностей привлечения инвестиций для внедрения абсолютно новых технологий. Поэтому трансформация – преобразование – термин, наиболее подходящий для обсуждения шагов, необходимых для настоящего, действительного и действенного перехода экономики к функционированию на основе принципов НДТ.

В связи с этим ряд рекомендаций имеет общий характер, они применимы практически к любой отрасли, но особенности ЛПК диктуют необходимость формулирования позиций, характерных именно для целлюлозно-бумажной промышленности как составной части лесопромышленного комплекса. Расположим рекомендации в порядке их значимости и применимости в контексте актуализации ИТС 1-2015.

1. Целлюлозно-бумажные предприятия следует рассматривать как часть ЛПК, причём часть, которая может и должна стимулировать переход к принципам экономики замкнутого цикла, которые с очевидностью могут быть прослежены в цепи от выращивания леса и ухода за ним через производство целого спектра разнообразной продукции к утилизации вторичного сырья и лесовосстановлению. Если весь цикл не может быть рассмотрен в рамках ИТС 1 (так как выращивание леса и уход за ним не отнесены к областям применения НДТ), следует разрабатывать стандарты по выбору ответственных поставщиков, по наилучшим (экологическим) практикам в лесном хозяйстве и др., которые будут рассматриваться в совокупности как документы национальной системы стандартизации в области НДТ и смежных областях для отраслей ЛПК.

2. При рассмотрении состояния предприятий следует делать поэтапные выводы о неприемлемости применения оборудования, введенного в строй более 50 лет назад. Констатация факта в действующем ИТС 1-2015 есть, но вывод о том, что отрасль нуждается в скорейшей ресурсно-технологической и эколого-технологической трансформации (минимум – модернизации) должен звучать чётко. Вывод необходимо проводить как центральную тему всего справочника и повторять в Заключениях по НДТ, а также отражать в технологических показателях НДТ, имеющих обязательную силу.

3. Заключения по НДТ, по примеру европейских, необходимо разрабатывать как ключевой раздел, рассматривающий производство в целом сосредоточенный не на «конце трубы», а на технологии, на её ресурсоэффективности, на минимизации потерь и выпуске ценной (во всех смыслах слова) продукции. В Заключениях по НДТ должны быть кратко описаны подходы, обеспечивающие повышение ресурсоэффективности, названы НДТ высокого порядка, «встроенные» в процесс производства, первичные, не относящиеся к очистке отходящих газов и сточных вод. Следует продвигать идею обязательности не только (и не столько) показателей содержания загрязняющих веществ в выбросах и сбросах (так дело обстоит сейчас), а *ключевых действительно технологических показателей* – удельного потребления ресурсов, полноты использования ресурсов для производства лесохимической продукции, использования кородревесных остатков и генерации «зелёной» энергии и др. Структуру этих показателей следует обсудить при актуализации справочника и представить Министерству промышленности и торговли для разработки мер поддержки отрасли в процессе её ресурсно-технологической трансформации.

4. Анализ влияния деятельности ЦБП на окружающую среду (название соответствует разделу ИТС 1-2015) ни в коем случае нельзя ограничивать перечнем, включающим образование отходов, сточных вод и отходящих газов. Практика анализа «на конце трубы» препятствует переходу к НДТ, тормозит ресурсно-технологическую трансформацию и не позволяет отрасли получить необходимую поддержку государства. Такая характеристика, как «Инвестиции в основной капитал на охрану водных ресурсов, млн рублей» (цитируется по ИТС 1-2015) не отражает состояние отрасли и не содержит информации для принятия решений о действительно необходимых инвестициях – инвестициях в развитие технологических процессов, в создание ресурсно- и экологически эффективного производства. Вывод о том, что «ведущие компании ЦБП России осуществляют модернизацию действующих и создание новых высокоэффективных производств» (цитируется по ИТС 1-2015) необходимо обосновывать. Графики, иллюстрирующие эффект декаплинга – снижение выбросов и сбросов загрязняющих веществ при росте производства), следует сопровождать обсуждением технологий производства, которые позволяют добиваться такого эффекта. Если же это исключительно решения «на конце трубы» – устройства для очистки отходящих газов и сточных вод, то не такой декаплинг нам нужен. И говорить о «зелёной» экономике на основании сокращения выбросов и сбросов нельзя, понятие намного шире, напротив, как уже отмечено, именно в ЛПК можно без лукавства строить основы такой экономики, рассматривая весь жизненный цикл продукции, аспекты отрицательного и положительного воздействия на окружающую среду, полноты использования ресурсов и их действительного возобновления.

5. Текущие (современные) характеристики производственного процесса необходимо рассматривать как характеристики ресурсоэффективности и уже во вторую очередь – как характеристики эмиссий. Тот факт, что в действующем ИТС 1-2015, раздел 3 назван «Текущие уровни эмиссий» выглядит, как «оговорка по Фрейду»: намеревались писать о технологиях и выбирать технологические, технические и управленческие (культура производства) решения, а прилежания хватило на эмиссии, на «конец трубы». Может быть, это случилось потому, что и технологический раздел (раздел 2) содержит описание

процессов, без серьезных выводов о том, насколько они допустимы, целесообразны и эффективны в условиях XXI в. Ещё раз отметим, процесс глубокой переработки сырья в этом разделе практически не описаны.

6. Раздел 4 «Определение НДТ» во многом навеян европейским справочником (и читается как переводной), что само по себе неплохо, но необходимо подготовить его с учетом российских задач, задач ресурсно-технологической трансформации отрасли. Целеполагание при определении НДТ, ранжирование решений первично, а перечисление методов – вторично.

7. Раздел 5 необходимо трансформировать в Заключения по НДТ, Заключения российские, направленные на решение первоочередных задач отказа от устаревших технологий и перехода к наилучшим доступным, сформулированных ещё в 2014 г. (см. позицию 3). Если технологические показатели и после актуализации справочника останутся показателями выбросов и сбросов, то и программы повышения экологической эффективности останутся инструментом строительства очистных сооружений, что в корне неверно. Они должны стать инструментом ресурсно-технологической и эколого-технологической трансформации экономики.

В 2019-2020 гг. предприятий отрасли не только начали готовиться к получению комплексных экологических разрешений (КЭР), но и смогли получить их и снискать одобрение проектов программ получения экологической эффективности. Получили ли КЭР предприятия, на самом деле соответствующие НДТ в полном смысле слова? Являются ли проекты ППЭЭ направленными на совершенствование производства (пусть – модернизацию)? Стали ли уроки 2019 г. и начала 2020 г. стимулирующими для отрасли? Анализируются ли успехи или сложности демонстрации, подтверждения соответствия НДТ для того, чтобы можно было их участь при актуализации информационно-технического справочника? Наметился ли действительно отраслевой, согласованный, единый пусть ресурсно-технологической трансформации? На эти вопросы предстоит ответить как руководителям и сотрудникам предприятий, так и экспертам формирующегося в России сообщества экспертов в области наилучших доступных технологий. В самое ближайшее время. А тогда уже можно будет говорить и об оценке действенности политики в сфере НДТ в целлюлозно-бумажной отрасли и в Российской Федерации в целом.

Использованная литература

1. Байков Н. М. Изменения запасов и объёмов добычи нефти в мире. Положение на рынке нефти. // Нефтяное хозяйство, 2002, № 4. С. 16.
2. Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. Современная наука о растительности. М.: Логос, 2001. 264 с.
3. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. М.: Высшая школа, 1998. 413 с.
4. Никитин В. М. Химия древесины и целлюлозы: учебник для лесотехнических вузов. 2-е издание, переработанное. М.: Гослесбумиздат, 1960. 468 с.
5. Холькин Ю. И. Технология гидролизных производств. М.: Лесная промышленность, 1989. 496 с.
6. Направления развития лесопромышленного комплекса России. Министерство промышленности и торговли РФ, 2017. URL: http://minpromtorg.gov.ru/activities/industry/otrasli/les/ (дата обращения: 18.06.2020).
7. Проект Псковский модельный лес. Под ред. Загидуллиной А. Т., Романюк Б. Д. СПб.: Фонд «Гринфорест», 2010. 112 с. URL: http://geobotany.bio.spbu.ru/publish%20dep/WWF_Pskovmodelforest2010.pdf (дата обращения: 18.06.2020).

8. Солина Т. Дерево – это не только дрова. // Нижегородская правда, 2010, № 86.

9. ГОСТ 24260-80 Сырьё для пиролиза и углежжения. Технические условия (с Изменением N 1).

10. Гордон Л. В., Скворцов С. О., Лисов В. И. Технология и оборудование лесохимических производств. 5-е изд. М.: Лесная промышленность, 1988. 360 с.

11. Лесной фонд России. 2003. URL: http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/FOR/forest_cdrom/downloads/FSA2003/TABL5ru.xls.

12. Лесной фонд России. М.: ВНИИЦлесресурс, 1995. 280 с.

13. Лесная промышленность Финляндии. // Ассоциация лесной промышленности Финляндии: Хельсинки, 2004. 51 с.

14. Технология целлюлозно-бумажного производства: справочные материалы: в 3 т. Т. 1, ч. 1. СПб.: Издательство С.-Петерб. гос. лесотех. академии, 2002. 425 с.

15. Гелес И. С. Древесное сырье – стратегическая основа и резерв цивилизации. Петрозаводск: Институт леса КарНЦ РАН, 2007. 499 с.

16. Китай планирует к 2025 году в полтора раза увеличить объёмы производства ЛПК // ЛЕСПРОМ, 2019, № 2 (140). С. 11.

17. Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия: страницы истории. / Г. М. Анисимов, В. А. Ильин, А. И. Киприанов и др. Отв. ред. В. И. Онегин. СПб: Издательство С.-Петерб. гос. лесотех. академии, 2003. 814 с.

18. Итоги работы лесопромышленного комплекса России в 2016 году: Аналитический обзор Lesprom Network URL: https://www.lesprom.com/ru/research/Итоги_работы_ЛПК_России_в_2016_г_180/ (дата обращения: 17.06.2020).

19. Чуйко В. А. История целлюлозно-бумажной промышленности России. / РАО «Бумпром». Архангельск: Правда Севера, 2008. 232 с.

20. Менделеев Д. И. Уральская железная промышленность в 1899 г. // Менделеев Д. И. Сочинения: в 25 т., Т. 12. М.: Изд-во АН СССР, 1949.

21. Киприанов А. И. Комплексная переработка древесины. // Лесопромышленный комплекс России XXI века: тезисы докладов Четвертого международного форума. 15-19 окт. 2002 г. СПб., 2002. С. 171-174.

22. Слободянюк И., Слободянюк С., Сухановский А., Трудова Т., Буторин В. Зелёная нива России. // «Поморская столица», 2020, № 2. С. 17-25.

23. Смушкин З. Лес – это пассив, а не актив. // Коммерсантъ, 2019, № 227. С. 9.

24. Шутов И. В. Бореальные леса и лесосырьевые плантации. Этический аспект лесопользования и лесовосстановления: пленарные доклады пятой международной научно-технической конференции ПАП-ФОР. Россия, Санкт-Петербург, 1998. С. 45-52.

25. Ильин В. А. К проблеме финансирования лесоосушения // Гидротехническая мелиорация земель. Ведение лесного хозяйства и вопросы экологии. – Труды СПбНИИЛХ, СПб., 1997. С. 7-9.

26. Рослесхоз составил рейтинг эффективности исполнения регионами лесных полномочий в 2019 г. // Lesprom Network URL: https://www.lesprom.com/ru/news/Рослесхоз_составил_рейтинг_эффективности_исполнения_регионами_лесных_полномочий_в_2019_г__93772/ (дата обращения: 17.06.2020).

27. Катаев Д. Рубить нельзя оставить. // Премьер, 2019, № 29 (1130).

28. Вервейко И. В. Забота о лесе: выгода для всех. // Журнал АО «Группа «Илим», 2011, № 2 (23). С. 25-29.

29. Промежуточное пользование лесов на Северо-Западе России. / В. А. Ананьев, А. Асикайнен, Э. Вяльккю и др. Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии, 2005. 140 с.

30. Заяц Ю. Н., Кряжев А. М., Вервейко И. В., Шилов М. А., Андрейчук А. В., Пухов Г. Г., Мороз Н. В. // Леса России в XXI веке. Материалы одиннадцатой международной научно-технической интернет-конференции. Санкт-Петербург, 2014. С. 133-137.

31. ЛПК России в 2019 году: итоги производства. URL: https://proderevo.net/analytics/main-analytics/lpk-rossii-v-2019-godu-itogi-proizvodstva.html (дата обращения: 17.06.2020).

32. СП 288.1325800.2016 Дороги лесные. Правила проектирования и строительства.

33. Кряжев А. М., Вервейко И. В. Давайте поспорим. // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2013, № 2. С. 60-61.

34. Карпов Е. Шаг назад – два шага вперёд. // Лесозаготовка, 2019, № 1. С. 12-15.

35. Полубояринов О. И. Производство полуфабрикатов. // Технология целлюлозно-бумажного производства: справ. матер.: в 3 т. Т. 1, ч. 1 Сырьё и производство полуфабрикатов. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии, 2002. С. 13-25.

36. Лес притягивает инвесторов. Как господдержка меняет лесную промышленность России. // Коммерсант. Лесопромышленный комплекс России. URL: https://special. kommersant.ru/lpk_invest/ (дата обращения: 18.06.2020).

37. Экспортные достижения ЛПК России в 2019. URL: https://proderevo.net/analytics/main-analytics/eksportnye-dostizheniya-lpk-rossii-v-2019-g.html (дата обращения: 18.06.2020).

38. ПМЛФ 2019: Доля России в мировом производстве целлюлозы – 4,3 %. URL: https://sbo-paper.ru/news/archive_rus/43126/ (дата обращения: 17.06.2020).

39. ЦБП России: состояние и перспективы. // ЛесПромИнформ, 2013, № 3 (93). URL: http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/3136 (дата обращения: 17.06.2020).

40. Лахтиков Ю. О. Переход ЦБП к нормированию по принципам НДТ. // Горячие точки Баренцева региона: научно-практический семинар 28-31 января 2019 г. PITER INN г. Петрозаводск, Республика Карелия. 12 с.

41. ЦБП Финляндии – итоги 2019 года. URL: https://sbo-paper.ru/news/archive_world/43453/ (дата обращения: 17.06.2020).

42. Китай планирует к 2025 году в полтора раза увеличить объёмы производства ЛПК. // ЛЕСПРОМ, 2019, № 2 (140). С. 11.

43. Крупнейший целлюлозный завод в Германии. / ЛесПромИнформ, 2006, № 1 (32). URL: https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1542 (дата обращения: 17.06.2020).

44. Технология целлюлозно-бумажного производства: справ. матер.: в 3 т. Т. 3, ч. 3. СПб.: Изд-во С.-Петерб. гос. лесотех. акад., 2012. 294 с. Раздел 2.3.6. Отбелка целлюлозы для химической переработки (А. В. Аввакумова).

45. Bartholsen Development of high viscosity sulphate cellulose as replacement of cotton linters pulp in cellulose ethers // Эфиры целлюлозы и крахмала: синтез, свойства, применение: матер. 10-й юбилейной всерос. науч.-тех. конф. с международным участием; под общ. ред. В. А. Бондаря. Суздаль: Полицелл, 2003. С. 39-42.

46. Лунёва Л. А., Чудаков О. И., Юркштович Т. Л. и др. Целлюлозный материал «Оксицеланим» в челюстно-лицевой хирургии. // Эфиры целлюлозы и крахмала: синтез, свойства, применение: матер. всерос. науч.-тех. конф. с междунар. участием; под общ. ред. В. А. Бондаря. Владимир: Посад, 2002. С. 239-243.

47. Durbak J. Dissolving pulp industry: market trends: General Technical Report FPL-GTR-77. Washington: US Government Printing Office, 1993. 20 p.

48. Outlook for Global Dissolving Pulp Market // RISI. 2011. No. 11. 149 p. URL: www.risi.com (дата обращения: 17.06.2020).

49. Серков А. Т., Скоробогатых В. В., Радишевский М. Б. и др. Хлопкоподобные волокна. М.: Химия, 1987. 192 с.

50. Кряжев А. М., Шпаков В. Ф., Глазунов А. И. и др. Отбелка сульфитной вискозной целлюлозы ECF и TCF без ступени кислородно-щелочной отбелки // Целлюлоза. Бумага. Картон. 1996, № 5-6. С. 12-15.

51. Бобылев С. Н., Скобелев Д. О. Природный капитал и технологические трансформации. // Менеджмент в России и за рубежом. 2020. № 1. С. 89-100.

52. Кряжев А. М. Там, где ходят вверх ногами. // Целлюлоза. Бумага. Картон. 1996, № 7-8. С. 14-15.

53. Кожова О. М., Бейм А. М. Экологический мониторинг Байкала. М.: Экология, 1993. 342 с.

54. Кряжев А. М., Зарудская О. Л., Звездина Л. К. Отбелка сульфатной растворимой целлюлозы без использования молекулярного хлора и её переработка в химические волокна. // Вторая междунар. науч.-тех. конф. PAP-FOR-93: информ. сообщения. СПб., 1993. С. 36-37.

55. Рытова Э. Ю., Кряжев А. М., Шпаков Ф. В. и др. Технология отбелки TCF вискозной целлюлозы из хвойных пород древесины – основа повышения экологической безопасности производства на Байкальском ЦБК. // Сборник информационных сообщений Пятой международной конференции ПАП-ФОР-98. 16-17 ноября 1998 г. СПб., 1998. С. 30-31.

56. Кряжев А. М., Неволин В. Ф., Звездина Л. К. и др. О переходе на отбелку ECF и TCF применительно к условиям Байкальского ЦБК. // Целлюлоза. Бумага. Картон. 1996, № 1-2. С. 20-21.

57. Карпицкая Д. Переживёт ли Байкал 2020 год или станет отравленным морем? // Комсомольская правда, 2020, № 34 (27109). С. 12-13.

58. Об этом говорили в Москве. // ЦБК-экспресс, 2016, № 34 (651). С. 1.

59. Вискозная целлюлоза в Содре (Швеция). // Новости ТАППИ, 16 декабря 2010 г.

60. Ткачёв В. Холмогоры: судьбы, события, храмы: исторические хроники. Архангельск, 2012. 351 с.

61. Кряжев А. М. Новый век – новые идеи, новые методы и технологии производства ЦБП // Техника и оборудование для лесопромышленного комплекса (Техника 100 процентов), 2005, № 5. С. 33-36.

62. Кряжев А. М. Возобновляемое древесное сырьё и экологически безопасное производство с низкими производственными издержками – одно из условий устойчивого развития целлюлозно-бумажной промышленности в ЛПК России. // Техника и оборудование для лесопромышленного комплекса (Техника 100 процентов), 2006, № 6. С. 46-50.

63. Аким Э. Л. Цена лиственницы. // Журнал АО «Группа «Илим», 2010, № 3 (20). С. 16-19.

64. Ильин Н. А. Варка целлюлозы из лиственницы. Южно-Сахалинск: Сахалин. книж. изд-во, 1959. 39 с.

65. Аким Э. Л., Сергеев А. Д., Мандре Ю. Г. и др. Проект «Лиственница». Предварительные гидротермические обработки древесной щепы перед сульфатной варкой. // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2014, № 8. С. 40-46.

66. Пастухова Н. О. Критерии смолопродуктивности сосновых древостоев. // диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Архангельск, 2017. 159 с.

67. Наука – лесному хозяйству Севера. / Федеральная служба лесного хозяйства России; Сев. научн. иссл. институт лесного хозяйства. Архангельск, 1999. 195 с.

68. Гордон Л. В., Фефилов В. В., Скворцов С. О., Атаманчуков Г. Д. Технология и оборудование лесохимических производств. 3-е изд. М.: Лесная промышленность, 1969. 368 с.

69. Кузнецов А. О перспективах лесохимии в России. // ЛесПромИнформ, 2009, № 4 (62). URL: http://www.lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/705 (дата обращения 17.06.2020).

70. Декола Н. Музыка смоляного периода. // Советская Белоруссия, 2015, № 101 (24731).

71. Гордон Л. В., Скворцов С. О., Лисов В. И. Технология и оборудование лесохимических производств. 5-е изд. М.: Лесная промышленность, 1988. 360 с.

72. Радбиль А. Б. Направления квалифицированного использования скипидара. // Химия растительного сырья, 2005, № 1. С. 5-11.

73. Ягодин В. И. Комплексное использование биомассы дерева. // Лесопромышленный комплекс России XXI века: Четвёртый международный форум 16-20 окт. 2001 г.: тезисы докладов. СПб.: Выставоч. объедин. «Рестэк», 2001. С. 113-115.

74. Головин А. И., Рыжов В. А. Аппараты и технология получения древесного угля // Лесопромышленный комплекс России XXI века: Четвёртый международный форум 16-20 окт. 2001 г.: тезисы докладов. СПб.: Выставоч. объедин. «Рестэк», 2001. С. 112-113.

75. Кузнецов Б. Н. Некоторые актуальные направления исследований в области химической переработки древесной биомассы и бурых углей. // Химия в интересах устойчивого развития, 2001, № 9. С. 443-459.

76. Уголев Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение: Учебник для сред. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 272 с.

77. Мельников Н. В. Минеральное топливо: тех.-экон. очерк развития топливной промышленности СССР. М.: Недра, 1966. 176 с.

78. Гольцев В., Толонен Т., Сюнёв В. Лесозаготовки и логистика в России – в фокусе научные исследования и бизнес-возможности. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 221. 159 s. ISBN 978-951-40-2348-4 (PDF), ISBN 978-951-40-2349-1.

79. Скобелев Д. О. Формирование инфраструктуры ресурсно-технологической трансформации промышленности. // Экономика устойчивого развития, 2020, № 1 (41). С. 162-167.

80. Передерий С. Щепа как твердое биотопливо в Европе. Перспективы использования щепы в ЖКХ России. // ЛесПромИнформ, 2010, № 5 (71).

81. Коноваленко Л. Ю. Использование кормовых ресурсов леса в животноводстве: науч.-аналит. обзор. М.: Росинформагротех, 2011. 52 с.

82. Эрнст Л. К., Науменко З. М., Ладинская С. И. Кормовые ресурсы леса. М.: Россельхозакадемия, 2010. 369 с.

83. Левин А. Мнения специалистов. // The Bioenergy International / Международная биоэнергетика. 2009, № 3. С. 11.

84. Mariano A. P., Harlin A., Manninen J. et al. Techno-economic analysis of process alternatives for the production of ethylene-propylene rubber from forest-based feedstocks. // TAPPI Journal, 2013, Vol. 12. No. 1. P. 19-32.

85. Киприанов А. И. Комплексная переработка древесины. // Лесопромышленный комплекс России XXI века: тезисы докл. Четвертого междунар. форума. 15-19 окт. 2002 г. СПб., 2002. С. 171-174.

86. Numminen Juhani. Will we see Greenfield Pulp Mill projects built in Russia? – Banker’s view. // International Forum Pap-For Russia, 2012.

87. Кряжев А. М. Казалось, что о древесине мы знаем всё… // Журнал АО «Группа «Илим», 2007, № 2. С. 42-47.

88. Новик Е. Р., Скубова В. С., Федосимов Б. А. Диоксины в окружающей среде и продукции ЦБП. Обзорная информация. Серия Целлюлоза, бумага и картон. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1990. 52 с.

89. Кальбфус В. Загрязнение окружающей среды диоксинами и фуранами целлюлозно-бумажной промышленности. Пленарные доклады. Четвертая международная науч. техн. конф. PAP-FOR 1996, 21-23 октября, СПб. С. 175-176.

90. Кряжев А. М., Василёв В. М., Захаров В. И., Шпаков Ф. В., Зарудская О. Л., Аввакумова А. В. Новые технические решения и поиск путей создания экологически безопасного производства белёных полуфабрикатов. // Целлюлоза. Бумага. Картон. 1993, № 4. С. 16-19.

91. Энциклопедия технологий. Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий; гл. ред. Д. О. Скобелев. СПб.: «Реноме», 2019. С. 562-646.

92. Нормы технологического проектирования предприятий целлюлозно-бумажной промышленности ВНТП-08-86.

93. Rapporto ambientale dell’industria cartaria italiana dati 2015-2016 Pubblicazione 2018 Assocarta www.assocarta.it Confindustria www.confindustria.it CEPI www.cepi.it.

94. Typical Property Sheet (Dynamic) ECF 90 // Canfor Pulp. URL: https://www.canfor.com/pulp_and_paper/pulp/tps/tps.html?p=0A8EBB (дата обращения: 17.06.2020).

95. Лахтиков Ю. О. Предприятия целлюлозно-бумажной промышленности как объекты I категории. Вопросы соответствия требованиям НДТ. // Деловая программа международной выставки – форума наилучших доступных технологий «ГРИНТЕХэкспо», 6-9 ноября 2018 г., Москва, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО».

96. Изучить качество древесины лесосырьевой базы Братского ЛПК и установить нормы её расхода и технико-экономические показатели производства целлюлозы. Отчёт ЛТА им. С. М. Кирова, № гос. регистрации 71010581, 26.05.1972 г. 207 с.

97. The UN-ECE/FAO 1990 Forest Resource Assessment Russian Forests, Federal Forest Service of Russia, Moscow, 1995.

98. Дайман С. Ю., Гусева Т. В., Заика Е. В., Сокорнова Т. В. Системы экологического менеджмента: практический курс. М.: Форум, 2010.

99. Макаров С. В., Гусева Т. В. Экологический менеджмент. М.: Эколайн, 1998.

100. Гусева Т. В., Бегак М. В., Молчанова Я. П. Принципы создания и перспективы применения информационно-технических справочников НДТ. // Компетентность, 2015, № 5 (126). С. 8-18.

101. Скобелев Д. О., Гусева Т. В., Чечеватова О. Ю., Санжаровский А. Ю., Щелчков К. А., Бегак М. В. Сравнительный анализ процедур разработки и пересмотра справочных документов по наилучшим доступным технологиям в европейском союзе и российской федерации. М.: Изд-во «Перо», 2018.

102. ИТС 1-2015 Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги и картона. URL: http://burondt.ru/NDT/docs/paper/index.html (дата обращения: 17.06.2020).

103. Правительство РФ будет осуществлять контроль ликвидации отходов БЦБК с 2020 года. // IrkutskMedia.ru URL: https://irkutskmedia.ru/news/915442/ (дата обращения: 17.06.2020).