

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт инженерной физики и радиоэлектроники
Кафедра экспериментальной физики и инновационных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.А.Орлов
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Формирование цепочки ценностей в контексте экологической безопасности
создания биотехнологического комбината комплексного инвестиционного
проекта «Енисейская Сибирь»

27.04.05 – Инноватика
27.04.05.01 – Управление инновациями

| | | | |
|--------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|
| Руководитель | _____ | <u>доцент, к. ф.-м. наук</u> | <u>А. К. Москалев</u> |
| | подпись, дата | должность, ученая степень | инициалы, фамилия |
| Рецензент | _____ | <u>проф., д-р. ф.-м. наук</u> | <u>Ю.Ю. Логинов</u> |
| | подпись, дата | должность, ученая степень | инициалы, фамилия |
| Выпускник | _____ | | <u>М.В. Петрунин</u> |
| | подпись, дата | | инициалы, фамилия |

Красноярск 2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Формирование цепочки ценностей в контексте экологической безопасности создания биотехнологического комбината комплексного инвестиционного проекта «Енисейская Сибирь»» содержит 65 страниц текстового документа, 58 использованных источников.

ЦЕПОЧКА ЦЕННОСТЕЙ, БЕЛЕНАЯ СУЛЬФАТНАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА, ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, УЩЕРБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ВЫБРОСЫ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ.

Объектом исследования в рамках выбранной темы выступает проект биотехнологического комбината в городе Лесосибирске.

Для формирования цепочки ценностей необходимо решить ряд задач:

- определить сущность рисков, связанных с осуществлением стратегических решений;

- определить сущность экологических рисков и их значимость при оценке инвестиционных решений;

- сформировать модель оценки экологических рисков при строительстве биотехнологического комбината;

- провести анализ инновационного потенциала Красноярского края в рамках реализации стратегии;

- определить традиционную цепочку создания ценности предприятий целлюлозно-бумажной отрасли;

- определить возможности трансформации цепочки создания ценности целлюлозно-бумажных предприятий в контексте экологической безопасности;

- сформировать концепцию производственных линий нового завода в рамках цепочки создания ценности;

- оценить эффективность предлагаемой цепочки создания ценности путем количественной оценки степени снижения факторов экологических рисков.

Создана цепочка создания ценности, в которой древесное сырье используется максимально эффективно. Все побочные потоки производства используются либо для производства биопродуктов для дальнейшей поставки, либо для производства биотоплива для последующей генерации энергии в производственном цикле. Такой подход позволяет существенно сократить выбросы вредных веществ, что приводит к получению экономических и экологических решений.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение..... | 4 |
| 1. Формирование цепочек создания ценности и их роль при планировании стратегии инновационного развития..... | 6 |
| 1.1 Формирование новых ценностей в рамках стратегии инновационного развития..... | 6 |
| 1.2 Исследование сущности рисков, связанных с осуществлением стратегических решений | 10 |
| 1.3 Экологические риски и их значимость при формировании стратегии инновационного развития | 13 |
| 2. Стратегия инновационного развития территории Красноярского края..... | 16 |
| 2.1 Анализ потенциала реализации инновационных проектов на территории Красноярского края..... | 16 |
| 2.2 Енисейская Сибирь и инновационное развитие | 22 |
| 2.3 Описание традиционных производственных процессов цепочки создания ценности российской целлюлозно-бумажной промышленности | 24 |
| 3. Формирование цепочки ценностей в контексте экологической безопасности создания биотехнологического комбината комплексного инвестиционного проекта «Енисейская Сибирь»..... | 34 |
| 3.1 Предложения по внедрению новых технологий эффективного лесопользования..... | 34 |
| 3.2 Формирование новых источников повышения ценности бизнес-процессов производства беленой сульфатной целлюлозы..... | 39 |
| 3.3 Оценка факторов экологических рисков традиционной системы получения беленой сульфатной целлюлозы..... | 48 |
| 3.4 Оценка эффективности мероприятий добавления ценности в контексте экологической безопасности..... | 55 |
| Заключение | 60 |
| Список использованных источников | 62 |

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение социально-экономического развития территории является ключевой задачей, формирующей конкурентоспособность отдельных территорий и страны в целом. Главным документом целеполагания, определяющим основные направления развития и планы реализации мероприятий развития, является стратегия социально-экономического развития Красноярского края до 2030 года. Для целей реализации данной стратегии сформирован комплексный инвестиционный проект (КИП) «Енисейская Сибирь», объединяющий мероприятия, реализация которых позволит достичь обозначенных в стратегии целей.

Источником экономического развития являются предприятия ключевых отраслей, формирующие основную долю ВРП в регионе. В Красноярском крае одной из таких отраслей, с учетом богатства территории лесными ресурсами, является лесная и деревообрабатывающая промышленность. В связи с чем в КИП «Енисейская Сибирь» предусмотрен проект строительства биотехнологического комбината.

Необходимо учитывать, что в условиях ужесточающейся конкуренции между предприятиями лесной отрасли, производители продукции вынуждены постоянно реализовывать и внедрять инновационные проекты, обеспечивающие долгосрочные конкурентные преимущества и устойчивое развитие в условиях нестабильности внешней среды. При этом любые инновационные решения всегда сопряжены с высокой степенью риска, так как подразумевают существенные преобразования факторов производства.

Эффективное функционирование предприятий лесной промышленности обуславливается большим многообразием факторов, в том числе сбалансированной цепочкой создания ценности продукта, сформированной на основе выбора стратегически важных видов деятельности и организации взаимовыгодных экономических отношений между ее участниками.

В условиях современной экологической обстановки в России вопросы экологической безопасности предприятий приобретают все большую важность. Нагрузка на окружающую среду со стороны производственных предприятий на сегодняшний день является колоссальной, в связи с чем необходимо учитывать экологические риски при запуске любого инвестиционного проекта, подразумевающего такое воздействие. Более того, любое негативное воздействие на окружающую среду требует от предприятий дополнительных затрат ресурсов на минимизацию влияния этого воздействия, в первую очередь значительных объемов финансовых затрат.

Наконец, на 2022 год запланировано принятие закона об обязательной утилизации древесных отходов. Предполагается, что деревообработчикам будет запрещено сбрасывать отходы в отвалы. Таким образом, перед предприятиями отрасли возникает еще одна задача – ликвидация свалок и налаживание эффективной переработки отходов. Все новые производства, реализация которых запланирована на более поздние периоды, должны это учитывать при планировании своей производственной деятельности.

Таким образом все вышесказанное обуславливает актуальность выбранной темы исследования.

Основная цель исследования заключается в следующем: сформировать новую цепочку формирования ценности биотехнологического комбината в г. Лесосибирске с учетом экологических рисков.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- определить сущность рисков, связанных с осуществлением стратегических решений;

- определить сущность экологических рисков и их значимость при оценке инвестиционных решений;

- сформировать модель оценки экологических рисков при строительстве биотехнологического комбината;

- провести анализ инновационного потенциала Красноярского края в рамках реализации стратегии;

- определить традиционную цепочку создания ценности предприятий целлюлозно-бумажной отрасли;

- определить возможности трансформации цепочки создания ценности целлюлозно-бумажных предприятий в контексте экологической безопасности;

- сформировать концепцию производственных линий нового завода в рамках цепочки создания ценности;

- оценить эффективность предлагаемой цепочки создания ценности путем количественной оценки степени снижения факторов экологических рисков.

Объектом исследования в рамках выбранной темы выступает проект биотехнологического комбината в городе Лесосибирске.

Предметом исследования является цепочка создания ценности биотехнологического комбината в контексте экологической безопасности.

1. Формирование цепочек создания ценности и их роль при планировании стратегии инновационного развития

1.1 Формирование новых ценностей в рамках стратегии инновационного развития

В последние годы органы государственного управления и экспертное сообщество уделяют большое внимание проблеме стратегического планирования регионального развития. Обеспечение устойчивого экономического роста и повышение благосостояния и уровня жизни населения региона невозможно без определения четкой цели и конкретных задач, позволяющих достичь конечной цели. В условиях экономического развития территорий Российской Федерации основным документом, определяющим пути и способы достижения цели, является стратегия социально-экономического развития.

Общеизвестно, что для любой современной компании приоритетной стратегией, обеспечивающей конкурентоспособность, является стратегия непрерывного вывода на рынок инноваций. Основываясь на этом положении, стратегические документы по развитию регионов страны среди наиболее приоритетных направлений развития определяют развитие новой экономики, основанной на достижениях современной науки, развитии инноваций и производстве продукции с высокой добавленной стоимостью [1].

Как и в случае отдельной организации, стратегия инновационного развития региона обеспечивает устойчивое конкурентное положение как каждой отдельной территории, так и страны на мировой арене в целом. Как отмечает С.Ю. Ляпина в работе [2], «... с точки зрения стратегической эффективности инновационное развитие обладает достаточным уровнем устойчивости при сохранении определенного уровня гибкости (адаптивности) стратегического выбора». Реализация стратегии инновационного развития территории подразумевает формирование высокотехнологичных производств, выпускающих уникальную инновационную продукцию, тем самым обеспечивая формирование новых рынков и ниш, позволяющих завоевать конкурентное преимущество путем определения правил поведения на этом рынке (уровня качества продукта, сервиса, ценообразования, сегментации потребителей и пр.). Таким образом, стратегия инновационного развития региона сводится к инновационному развитию отдельных предприятий, формирующих экономику данной территории.

Основу стратегии инновационного развития составляет процесс разработки и/или внедрения результатов интеллектуального труда (инноваций) в практику производства и реализации продукции. Таким образом, инновационная деятельность на предприятии заключается в изменении одного или нескольких факторов производства. Основные факторы, подвергающиеся изменениям, были классифицированы Й. Шумпетером на следующие категории [3]:

– новый продукт или новая услуга;

- новая технология или новая техника (технологическое оборудование);
- новый источник ресурсов для производства или качественно новый ресурс;
- новые формы и методы организации производства, труда и управления;
- новые рынки (новое качество потребителей, качественно новые потребности).

Конкурентное преимущество, согласно Шумпетеру, достигается за счет высокой степени радикальности изменений перечисленных факторов производства, поскольку чем выше уникальность преобразования, тем сложнее его скопировать конкурентам. Однако при принятии решения о реализации стратегии развития организации необходимо учитывать не только текущее положение конкурентов, но и ориентироваться на сложившуюся конъюнктуру рынка, поскольку успех предприятия во многом зависит от понимания и учета особенностей каждого сегмента потребителей, их запросов, требований к качеству продукта, и удовлетворяемых потребностей. В связи с чем компаниям необходимо определять направленность стратегических изменений с учетом перечисленных параметров, поскольку конкурентоспособность определяется возможностями компании удовлетворять потребности рынка наилучшим образом.

В данном контексте теория конкурентных преимуществ является современным инструментом для анализа конкурентоспособности как отдельных стран, так и производств на уровне региона с выявлением возможных направлений стратегического развития [4]. Основой данной теории является такой инструмент, как цепочка создания ценности (в литературе также встречается понятие цепочка добавленной стоимости). Автором данной концепции является профессор Майкл Портер, впервые опубликовавший основные положения цепочки добавленной стоимости в работе [5].

Основу данной теории составляет понятие потребительской ценности, суть которого заключается в том, что рыночная стоимость продукта определяется не только совокупными затратами на его создание (себестоимостью), но и значимостью приобретаемых выгод от использования продукта потребителем и соответствующей ценой, которую он готов за это заплатить. Таким образом, концентрируя усилия компании не на снижении издержек, а на увеличении потребительской стоимости, можно получить более существенный коммерческий результат (за счет повышенных конкурентных преимуществ продукта) [7].

При этом Портер отмечал, что добиться такого результата невозможно, если рассматривать компанию как единый функциональный организм. Таким образом, необходимо декомпозировать ее деятельность на отдельные самостоятельные функции, каждая из которых обеспечивает свой вклад в итоговое значение ценности для потребителя [8].

Укрупненно всю деятельность фирмы Портер подразделял на основную и вспомогательную (рисунок 1). К основным видам деятельности относятся те процессы, которые непосредственно участвуют в формировании потребительской ценности, то есть все процессы жизненного цикла продукции.

Вспомогательные же виды деятельности вносят лишь косвенный вклад в итоговое значение потребительской ценности.

В свою очередь, основные виды деятельности традиционно подразделяются на следующие процессы:

- входная логистика – чаще всего интерпретируется как снабжение, то есть это деятельность, связанная с материальным обеспечением товарно-материальными запасами;

- операции (производство) – любые виды деятельности, связанные с преобразованием входных ресурсов любого характера (материальных, финансовых, информационных) в конечную продукцию;

- выходная логистика – деятельность, связанная с подготовкой готовой продукции к распределению;

- продажи и маркетинг – любая деятельность, связанная со сбытом и продвижением конечной продукции;

- обслуживание – деятельность, связанная с послепродажным сервисом.

Среди вспомогательных видов деятельности Портер также выделял целый ряд процессов, за счет которых возможно осуществление основных видов деятельности. К ним относятся:

- формирование и управление инфраструктурой компании (в т.ч. менеджмент, финансирование, планирование);

- управление человеческими ресурсами (в т.ч. подбор и найм персонала, обучение и повышение квалификации, и т.д.);

- развитие технологий (в т.ч. научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, реализация инноваций и т.д.);

- материально-техническое обеспечение (в т.ч. подбор поставщиков, заключение контрактов, внешняя логистика и т.д.).

Также Портер говорит о том, что каждый вид деятельности включает в себя еще три подвида действий:

- прямые действия - то, что фактически осуществляется данным видом деятельности;

- непрямые действия - действия, которые оказывают вспомогательные функции по отношению к прямым действиям, объясняют каким образом и посредством чего возможно их осуществление;

- контроль качества - контроль конкретных действий, на качество исполнения.

Вышеперечисленные виды деятельности, которые формируют в компании конечную ценность, являются своего рода блоками, с помощью которых компания выстраивает свое конкурентное преимущество.

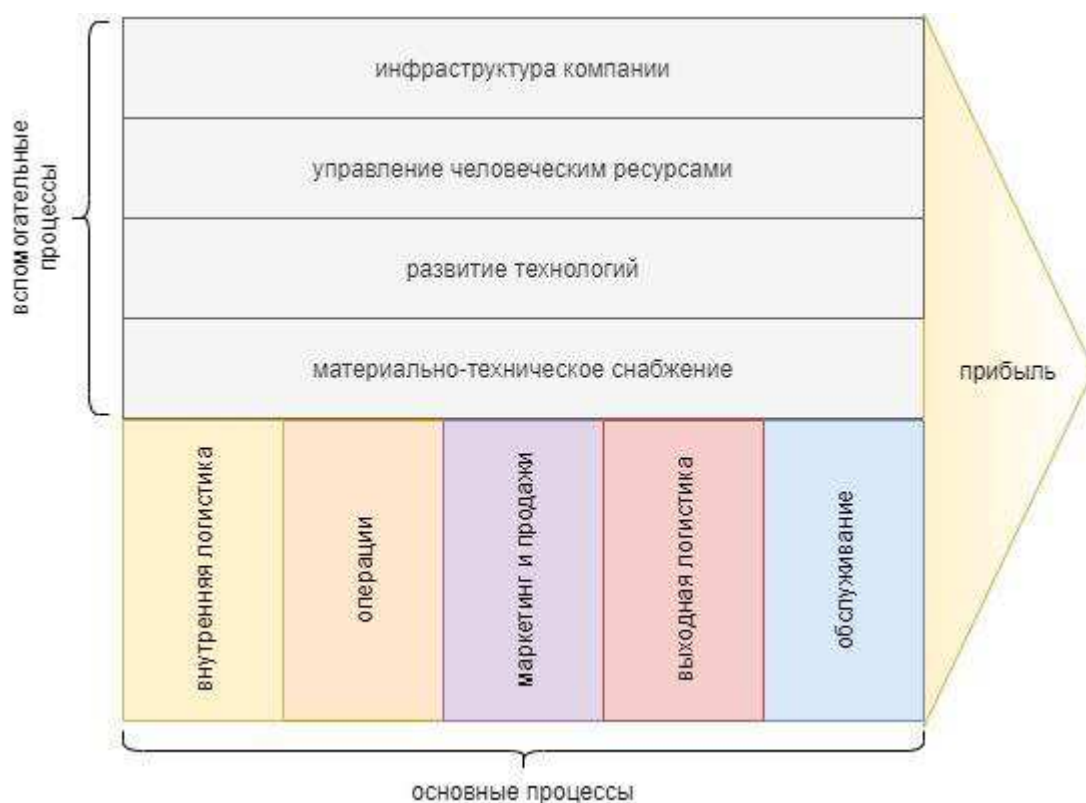


Рисунок 1 – Цепочка создания ценности (составлено на основании [5])

Рассматривая модель организации как цепочку создания ценности, можно заметить, что стратегические изменения могут затрагивать один или несколько ее элементов. Значимость модели цепочки создания ценности заключается в том, что она позволяет сформулировать сущность необходимых стратегических изменений в компании, а также их взаимосвязь друг с другом и влияние на итоговую потребительскую стоимость. При этом исследователями [2, 9 и др.] выделяются два основных типа изменений, происходящих при реализации стратегий развития: продуктовые и процессные.

Суть продуктовых изменений заключается в предложении рынку новой или модифицированной продукции. Целью таких изменений является, как правило, увеличение доли рынка за счет расширения потребительских сегментов. Как отмечено в работе [2], такие изменения не вносят существенных корректировок в существующую цепочку ценностей.

В противоположность продуктовым, процессные изменения приводят к формированию новой цепочки ценностей в организации. Такие изменения подразумевают реинжиниринг основных и производственных процессов. Именно такие стратегические преобразования приводят к усилению конкурентных позиций, поскольку способствуют росту производительности, качества и эффективности деятельности компании, и как следствие – к улучшению финансовых показателей эффективности деятельности компании.

Таким образом, стратегия инновационного развития предприятия подразумевает радикальные преобразования факторов производства компании. В свою очередь определить, какие именно факторы производства подлежат изменению, можно только с учетом как внутренних параметров организации

(например, инновационного потенциала и достаточности ресурсов), так и с учетом условий внешней среды (позиция по отношению к конкурентам, потребности рынка и прочее). При этом достичь стратегических целей можно как за счет продуктовых преобразований (которые чаще всего носят количественный характер), так и за счет процессных изменений, приводящих к качественному улучшению внутренних процессов организации, и как следствие – повышению итоговой ценности для потребителя. Поэтому вопросы формирования цепочки ценностей в рамках стратегического развития компаний как важнейшего условия развития региона являются актуальной задачей при стратегическом планировании развития территории.

Однако необходимо отметить, что с увеличением радикальности (то есть новизны) внедряемых стратегических изменений возрастает и степень риска, представляющая собой возможность неблагоприятных внешних и внутренних условий реализации стратегии. Поэтому при планировании стратегии инновационного развития необходимо учитывать высокую рискованность ее реализации. Обуславливается это тем, что инновационное развитие предполагает формирование принципиально новых рынков, для которых очень высока степень неопределенности. В таких условиях становится проблематично прогнозировать условия внешней и внутренней среды при реализации стратегии. Тем не менее, единственным способом для организации достичь конкурентных преимуществ в долгосрочной перспективе является стратегия реализации инноваций.

Поэтому при формировании стратегии инновационного развития одним из основных вопросов становится исследование рисков, связанных с осуществлением стратегических решений.

1.2 Исследование сущности рисков, связанных с осуществлением стратегических решений

Для целей дальнейшего исследования представляется целесообразным рассмотреть сущность понятия риска как экономической категории. В литературе существует большое число различных определений риска, что связано с различными подходами и различным контекстом использования данного термина. В связи с чем в настоящий момент риск не имеет общепризнанного в научном сообществе определения.

Ряд отечественных исследователей [10,11] определяют риск как некоторую деятельность. Например, А.П. Альгин в работе [10] определяет риск как деятельность, связанную с преодолением неопределенности. Другой ученый, В.А. Чалый-Прилуцкий, также определяет риск [11] как некоторое действие, совершаемое в условиях выбора из альтернатив. Оба автора сходятся во мнении, что данный вид деятельности непосредственно связан с оценкой вероятности недостижения намеченных результатов этой деятельности. Однако у такого подхода можно выявить один недостаток – риск сам по себе не является деятельностью, так как не содержит в себе процессов, активностей и прочей динамики.

Самым распространенным подходом к определению понятия риск является математический подход, определяющий риск не как деятельность, а как вероятностный результат этой деятельности. Ряд отечественных авторов [12,13,14,15,16,17] сходятся во мнении, что риск представляет собой некоторую вероятность наступления неблагоприятного события (то есть негативного исхода событий по результатам деятельности). При этом под неблагоприятностью исхода практически все авторы понимают неудовлетворительные финансовые результаты деятельности. Однако необходимо обратить внимание, что при анализе и оценке рисков предпринимателей волнует не столько вероятность негативных событий, которая в некоторых ситуациях может и не рассчитываться, сколько количественная оценка последствий наступления этих негативных событий. Кроме того, понимание риска как вероятности неблагоприятного исхода представляется односторонним, не учитывающим его реальной природы. При такой трактовке риска оказывается проблематичным объяснить осознанное согласие предпринимателей идти на риск в ожидании существенной прибыли.

Существенный вклад в развитие теории рисков внес и Й. Шумпетер. В своей работе [3] он отмечает, что риски являются как источником убытков, так и источником прибыли, с другой стороны.

Ряд исследователей [18,19,20], формируя свои концепции понимания риска, основывались на определении Шумпетера, определяя риск как событие, которое может произойти или не произойти. При этом последствия этих событий могут носить как отрицательный, так и положительный характер. Такая трактовка риска определяет его как некоторый шанс, что в большей степени отражает реальную ситуацию. Предприниматели склонны идти на риск, так как это открывает им возможность получения сверхприбыли.

В этой связи наиболее полным определением риска представляется определение, сформулированное в работе [2]. Концептуальное представление риска представлено на рисунке 2.

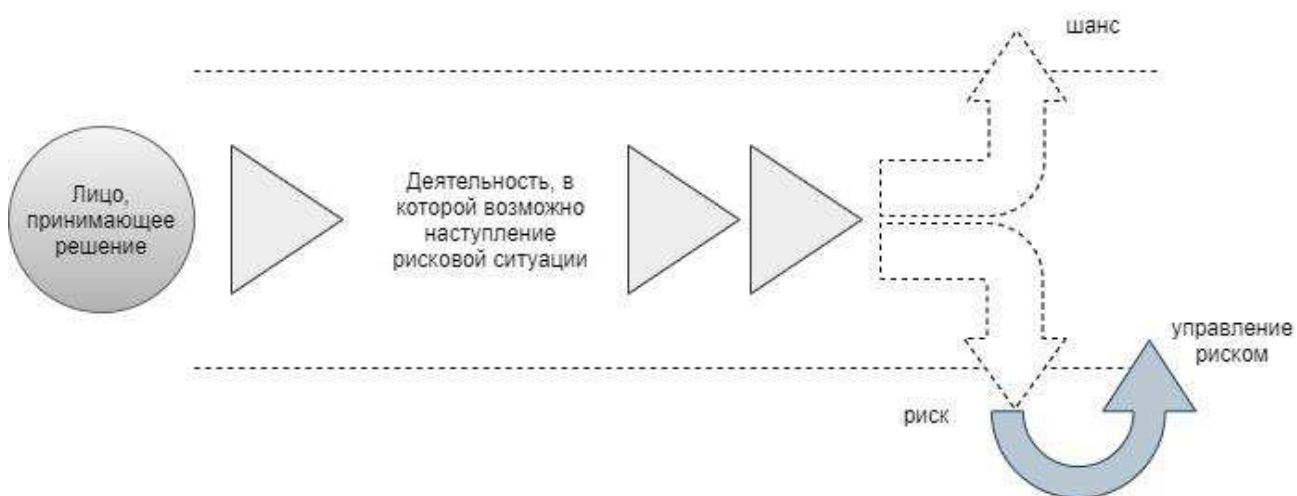


Рисунок 2 – Концептуальная модель понятия риск (составлено на основании [2])

Согласно данной концепции, риск определяется как возможность возникновения ситуации, последствия которой воспринимаются как неблагоприятные с точки зрения лица, принимающего решение.

Очень часто в литературе термин «риск» отождествляется с термином «неопределенность», однако данные понятия не синонимичны.

При осуществлении деятельности компании, в том числе при реализации стратегии инновационного развития, риск возникает ввиду существования неопределенности, в первую очередь присущей условиям внешней среды, но также и внутренним процессам организации. Однако неопределенность некорректно считать непосредственной причиной риска, так как она может игнорироваться, если напрямую не связана с объектом изменений. Те следствия неопределенности, которые приводят к рисковому событиям, в литературе принято называть факторы риска. Соотношение данных понятий приведено на рисунке 3.

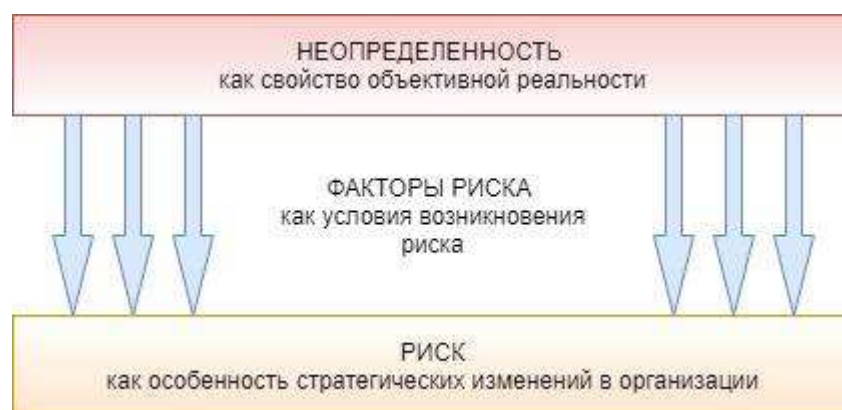


Рисунок 3 – Соотношение понятий

«риск» - «фактор риска» - «неопределенность» (составлено на основании [2])

Понятие неопределенности также имеет различные толкования в литературе в зависимости от отрасли науки, в которой оно используется. Для целей нашего исследования приведем определение неопределенности, отражающее специфику рисков при реализации стратегии инновационного развития. Подобное определение в рамках когнитивного подхода приводится в работе [2]. Неопределенность в данном случае понимается как недостаточность знаний об объективной реальности, которая может носить как объективный, так и субъективный характер, связанный в первую очередь с конкретным лицом, принимающим решение. Субъективность неопределенности возникает в результате ограниченности информации для конкретного лица в силу различных обстоятельств – недостаточности компетенций, опыта, ограниченности ресурсов для получения информации и их высокой стоимости, и т.д. Таким образом, неопределенность как отсутствие или недостаточность информации невозможно оценить количественно, в отличие от риска, который может быть оценен с точки зрения вероятностного подхода.

В условиях реализации стратегии инновационного развития, основная задача которой – внесение существенных, радикальных изменений в

существующую объективную реальность, значительно повышается неопределенность внешней и внутренней среды, что приводит к неопределенности результатов реализации стратегии. При этом с увеличением масштабности проводимых изменений возрастают риски неполучения запланированного результата в процессе инновационного развития. Соответственно, чем выше неопределенность внешней и внутренней среды, тем выше риск неудачного результата инновационной деятельности.

В итоге основной задачей формирования стратегии инновационного развития является преодоление неопределенности, поскольку принятие оптимальных решений в отсутствие достоверной информации об объекте принятия решений невозможно.

1.3 Экологические риски и их значимость при формировании стратегии инновационного развития

Активное освоение месторождений полезных ископаемых, лесных и водных ресурсов приобретает все большие масштабы в рамках набирающих обороты глобальных социально-экономических изменений. Истощение одних источников ресурсов приводит к активизации освоения нераспределенных фондов в различных регионах страны. При этом, с учетом смещения акцентов внимания общества на вопросы экологичности и безопасности для окружающей среды результатов антропогенного воздействия, вопросы экологической безопасности приобретают все большую актуальность и могут стать серьезным препятствием при освоении ресурсов территорий. В этой связи значимыми с точки зрения инновационного развития являются вопросы оценки экологических рисков и учет возможных неблагоприятных последствий при разработке стратегии.

Таким образом, в ситуации истощения природных ресурсов и понимания значимости проблем антропогенного влияния на природу, в совокупности с распространением стратегического подхода и развития теории рисков, появилось новое направление в риск-менеджменте – оценка экологических рисков. Актуальность данного направления для всех заинтересованных лиц и участников обуславливает тот факт, что к проблеме управления экологическими рисками привлекаются как представители государственных структур и бизнеса, так и общественность.

В 1990 году американским Агентством по защите окружающей среды было предложено рассматривать отдельно категории экологического риска и риска угрозы здоровью людей. В соответствии с данным стандартом был также разработан отечественный ГОСТ Р 14.09-2005 Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента. Однако его действие распространяется только на оценку экологических рисков для природоохранных зон и не регламентирует оценку рисков в области освоения территорий в рамках инвестиционной, производственной и хозяйственной деятельности. Таким образом, общепринятого определения термина «экологический риск» в отечественной литературе нет.

При анализе различных публикаций [21,22,23,24,25] по теме экологического риска установлено, что для них традиционными являются такие составляющие, как уровень опасности, воздействие (в том числе субъект, объект и способ воздействия), последствия воздействия, и присущая всем этим элементам неопределенность.

Например, в работе [21] авторами определен экологический риск как интегральная оценка вероятности наступления опасного события и его негативные последствия для человека, биосферы и природы. При этом неблагоприятные последствия могут оцениваться количественно посредством числа нанесенных повреждений, болезней или смертей людей, площади поражения, видового сокращения, или же в денежном выражении.

Авторами работы [23] дается следующее определение: «экологический риск – вероятностная мера опасности причинения вреда природной среде в виде возможных потерь за определенное время».

В работе [22] достаточно полно освещены вопросы неоднозначности определения понятия «экологический риск» в отечественной и зарубежной литературе.

Такая многозначность может быть связана с тем фактом, что экологический риск является сложной, многофакторной системой как с точки зрения причин, его вызывающих, так и с точки зрения последствий. Таким образом, для того чтобы оценивать экологические риски и учитывать их при планировании стратегии инновационного развития необходимо идентифицировать все множество возможных факторов риска, вызывающих негативное воздействие и последствия.

Ввиду разнообразия подходов к определению понятия «экологический риск» и множественности факторов риска, не существует единой классификации экологических рисков. Наиболее распространенная и обобщенная классификация подразделяет экологические риски по принципу объекта воздействия на риски, связанные с угрозой здоровью людей, и риски, связанные с угрозой состоянию среды обитания. Такой подход был предложен еще в 1994 году в рамках разработки рекомендаций по оценке и управлению экологическими рисками [26] несколькими международными организациями, и до сих пор не потерял своей актуальности.

На рисунке 4 представлена данная классификация и основные признаки экологических рисков, связанные с угрозой здоровью людей и состоянию окружающей среды.

Из рисунка 4 можно сделать заключение, что различные категории экологического риска имеют как схожие, так и различные характеристики. И риски, связанные с угрозой жизни здоровью, и риски, связанные с угрозой окружающей среде, могут происходить от источников непрерывного и разового воздействия.

Вне зависимости от характера действия фактора риска, в результате будет нанесен ущерб и людям, и окружающей среде. При этом последствия в каждом конкретном случае могут быть различными. Этот факт обуславливает

необходимость идентификации и оценки обеих категорий риска при формировании стратегии.

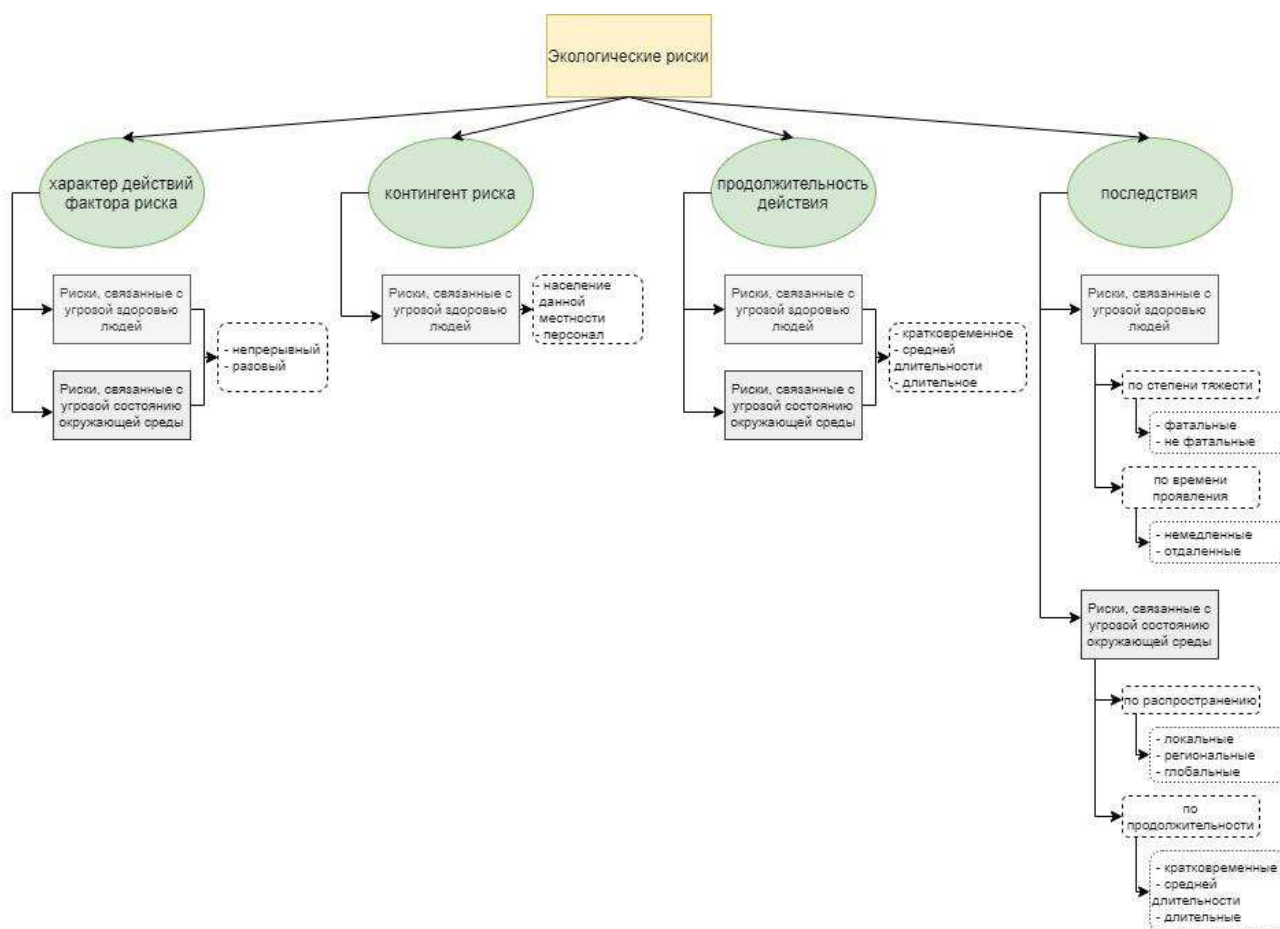


Рисунок 4 – Классификация экологических рисков (составлено на основании [23])

Исходя из вышеизложенного становится очевидной необходимостью учета экологических рисков при планировании стратегии инновационного развития любого бизнеса, игнорирование которых может привести к ряду проблем, в том числе финансового характера. Поэтому формирование внутри компании системы управления экологическими рисками может поспособствовать формированию положительного имиджа и улучшению взаимоотношений компании с государственными органами и ведомствами, а также неформальными общественными организациями, заинтересованными в формировании благоприятной экологической среды территории.

Таким образом, наряду со стратегической, финансовой, политической и социальной оценкой результатов реализации стратегии необходимо выявлять и анализировать сопутствующие ей экологические риски.

2. Стратегия инновационного развития территории Красноярского края

На текущий момент основным документом, определяющим стратегию развития региона, в том числе и Красноярского края, является Стратегия социально-экономического развития Красноярского края до 2030 года. Данный документ является основой реализации мероприятий по достижению стратегических целей развития территории, а также определяет основные направления и инструменты достижения поставленных целей.

Как известно, одним из условий возможности и эффективности реализации стратегии инновационного развития является наличие у организации/региона/страны достаточного уровня инновационного потенциала. В связи с чем представляется необходимым оценить возможности осуществления инновационных проектов развития в регионе.

2.1 Анализ потенциала реализации инновационных проектов на территории Красноярского края

Для оценки потенциала реализации в регионе стратегических проектов развития воспользуемся традиционной методикой SWOT-анализа. Для этого необходимо первоначально проанализировать сильные и слабые стороны региона, а также существующие возможности и угрозы, освоение или преодоление которых позволит укрепить конкурентные преимущества.

Проанализируем сильные стороны региона. Красноярский край входит в десятку лидеров в стране по валовому региональному продукту (ВРП) среди субъектов РФ (восьмое место) [31]. При этом основной вклад в ВРП обеспечивается промышленным сектором (более 50%) [31]. Среди ведущих отраслей промышленности Красноярского края можно отметить топливно-энергетический комплекс, цветную металлургию, машиностроение, лесную и деревообрабатывающую промышленность.

По экспортному потенциалу первое место занимают металлы и изделия из них, древесина различной степени обработки и минеральные продукты [30].

Данный регион характеризуется уникальным экономико-географическим положением. Красноярский край – это богатая территория площадью более 2 тыс. кв. км. с преобладанием таких природных зон, как тундра, тайга, лесостепь и степь, а также арктических территорий. Регион расположен в бассейне реки Енисей. Протяженность с севера на юг составляет около 3000 км. Это второй по площади субъект Российской Федерации, занимающий более 13% территории страны. На территории края в Эвенкии располагается географический центр РФ. Рельеф территории составляют как долины и низменности, так и плоскогорья, хребты и горы. На сегодняшний день столица Красноярского края – город Красноярск – является одним из крупнейших деловых, промышленных и культурных центров Восточной Европы. Уникальность положения также обуславливается относительной близостью с развивающимися странами

Азиатско-Тихоокеанского региона, что также способствует активизации роста экономики, внешней торговли и сотрудничества.

При этом плотность населения на 2020 год по данным Росстата составила всего 1,21 чел. на кв. км. [32], что свидетельствует о существенных резервах территории, свободных для проживания населения, и как следствие – развития бизнеса.

Безусловным преимуществом региона является его природно-ресурсный потенциал, представленный такими важными для экономики ресурсами, как [30]:

- нефть и газ (на территории находится 35 месторождений, в том числе 3 уникальных);
- уголь (на территории находится 110 участков с общей величиной запасов более 68 млрд тонн);
- цветные металлы (более 300 месторождений золота, 16 месторождений серебра, 16 месторождений платины и около 10 месторождений меди).

Необходимо отметить также лесные ресурсы края, которые на 80% состоят из хвойных пород, общая площадь которых составляет около 170 млн га, то есть порядка 70% территории [33]. В структуре запасов более половины приходится на лиственницу, около 17% - ель и пихту, около 12% - на сосну, и около 9% - на кедр.

Красноярский край характеризуется как ключевой транспортно-распределительный и транзитный узел СФО. Лидирующее положение среди транспортной инфраструктуры края занимает железнодорожный транспорт. Эксплуатационная длина Красноярской железной дороги составляет 3,2 тыс. километров [34]. Железнодорожная транспортная инфраструктура представлена Транссибирской и Южно-Сибирской железнодорожными магистралями, а также Норильской железной дорогой. К автомобильной транспортной инфраструктуре края относятся федеральные автодороги Р255 «Сибирь» и Р257 «Енисей». В крае функционируют четыре речных порта – в Красноярске, Лесосибирске, Дудинке и Игарке. Также через красноярский край проходит Северный морской путь. В рамках воздушного сообщения в крае представлены три международных аэропорта – в Красноярске, Абакане и Кызыле.

Что касается образования, в крае реализован проект создания крупнейшего научно-образовательного учреждения – Сибирского федерального университета, который ведет подготовку кадров нового качества для современной экономики, основу которой составляет инновационное развитие. Подготовка специалистов ведется по 248 программам бакалавриата и 265 программа магистратуры. Общее количество студентов составляет примерно тридцать тысяч человек. По статистике [30], более 80% выпускников трудоустраиваются по специальности. Помимо этого, высшее образование края представлено еще рядом ведущих университетов, общая численность студентов которых составляет более шестидесяти тысяч человек. Научный потенциал также представлен сетью красноярский научных центров сибирского отделения Российской академии наук.

Красноярский край является привлекательным с точки зрения инвестирования. По инвестиционной активности он является одним из лидеров среди регионов РФ. Среди наиболее значимых можно выделить проект комплексного развития Нижнего Приангарья, который уже находится на завершающей стадии. Значимым для краевой экономики также является проект освоения Ванкорского месторождения.

Бюджет Красноярского края формируется за счет налоговых поступлений. 75% доходов краевого бюджета [36] поступают с территории пяти муниципальных образований – Красноярск, Норильск, Таймырский Долгано-Ненецкий район, Туруханский район. При этом более 50% всех налоговых отчислений поступает от десяти крупнейших налогоплательщиков края.

По уровню жизни и доходов в крае можно дать следующую характеристику. По данным Росстата [37], среднедушевые доходы населения в 2020 году в крае составили более 30 000 рублей, демонстрируя рост по отношению к предыдущему году на 2,7%. В 2020 году Красноярский край признали лидером Сибири по уровню жизни населения.

Далее проанализируем слабые стороны региона. По данным [38], одной из ключевых стратегических проблем региона остается высокий уровень монополизации в ключевых отраслях. Лидирующие позиции занимают крупные компании и естественные монополии, что провоцирует высокие барьеры входа на рынок, низкий уровень конкуренции, и как следствие – низкое качество продукции.

Не смотря на свое центральное положение и близость к странам Азии, Красноярский край сильно удален от мировых рынков, и от центров деловой активности в столице. Среднее расстояние до крупного центра составляет около 4 000 км что на восток, что на запад. Удаленность от центра также делает регион непривлекательным для федеральных брендов. Удаленность от мировых рынков негативно сказывается на экономике, потому что затрудняет экспорт из-за высоких логистических издержек.

Нельзя не отметить, что несмотря на нахождение на территории региона межконтинентальных трасс железнодорожного, автомобильного, воздушного и водного транспорта, проблемы в развитии транспортной инфраструктуры наблюдаются в отдаленных северных районах и районах нового освоения [1]. При этом высокие затраты на формирование инфраструктуры на северных территориях значительно тормозят развитие края.

Также на сегодняшний день экономика края сфокусирована по большей части на выпуск промежуточной продукции, ориентированной на экспорт, при этом доля перерабатывающих производств остается низкой. В том числе, с учетом того, что Красноярский край является одним из лидеров по обеспеченности лесными ресурсами, доля края в производстве лесопромышленной продукции России составляет только 3%. Это связано с неразвитостью глубокой переработки древесины и целлюлозно-бумажной промышленности. При среднегодовой заготовке древесины в объеме около 7,5 млн. м³ объем выпуска целлюлозно-бумажной продукции составляет только 230 тыс. тонн. Более 5 млн м³ круглого леса вывозится из региона ежегодно [33].

Несмотря на то, что Красноярский край входит в топ-10 регионов по уровню ВРП на душу населения, а также является лидером по уровню доходов в сибирском федеральном округе, в масштабе страны край занимает только 30 место по уровню доходов и 18 место по уровню заработной платы. Все это приводит к значительной миграции высококвалифицированных кадров в более привлекательные для проживания регионы. Ситуация усугубляется высокой степенью дифференциации населения в крае по уровню доходов и заработной плате.

Также в рамках SWOT-анализа необходимо проанализировать существующие возможности, освоение которых позволит нивелировать слабые стороны и сформировать новые конкурентные преимущества. Среди таких возможностей необходимо отметить ряд направлений, которые создадут благоприятную среду для усиления экономики края.

Важным шагом, открывающим новые возможности для региона, становится создание межведомственной, межрегиональной рабочей группы при Правительстве Красноярского края для систематизации предложений из регионов по синхронизации, структурированию экономически целесообразных, комплексных проектных решений, основанных на рациональном использовании сырьевых ресурсов, а также формирование эколого-экономического обоснования разработки программы «Рациональное использование сырьевых ресурсов».

Таким образом, на региональном уровне разрабатываются мероприятия, стимулирующие переход производителей сырья к глубокой переработке и производству высокомаржинальной продукции, которая будет пользоваться спросом на внутреннем и внешнем рынках.

Одним из приоритетов федерального уровня согласно Постановления Правительства Российской Федерации от 23.02.2018 № 190 является переработка древесных отходов в биотехнологических целях. Учитывая высокую обеспеченность лесными ресурсами, Красноярский край имеет все возможности для диверсификации своей экономики на основе данного источника. Край является одним из крупнейших в стране производителей лесопромышленной продукции, значительная часть которой поставляется на экспорт. В этой сфере работает более 700 организаций, крупнейшие из них – АО «Лесосибирский ЛДК-1», ЗАО «Новоенисейский ЛХК», ООО «Приангарский ЛПК», АО «Краслесинвест» и другие [35].

В регионе сосредоточен мощный научно-исследовательский и инновационный потенциал, который может быть реализован путем разработки совместных проектов предприятиями края и представителями научного сообщества. В Красноярском крае активно формируются объекты инновационной инфраструктуры, обеспечивающие реализацию инновационной деятельности. Все это способствует активизации инновационного предпринимательства и созданию благоприятной бизнес-среды.

Согласно прогнозу долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, разработанному Минэкономразвития России, планируется осуществить, в том числе,

мероприятия по реализации мультимодальных центров – кластеров, обеспечивающих увеличение пропускной способности транспортной инфраструктуры, освоение и развитие территории Сибири, а также освоение новых месторождений полезных ископаемых. Подобные кластеры планируется реализовать и в Красноярском крае. Поэтому можно заключить, что развитие транспортной инфраструктуры по различным направлениям открывает широкие возможности по интеграции Красноярского края с соседними регионами, странами ближнего и дальнего зарубежья, в том числе географическая экспансия поставок продукции.

Заключительным разделом в рамках SWOT-анализа является анализ существующих угроз, препятствующих освоению возможностей и нивелированию слабых сторон.

В крае до сих пор сохраняется ориентация на металлургическую промышленность, включая цветную и черную металлургию, как на базовую в структуре экономики региона. В связи с чем краю проблематично преодолеть угрозу зависимости экономики от конъюнктуры мирового рынка металлов.

Также сохраняется тенденция ориентации ВРП на добычу углеводородов. Как отмечается в стратегии [1], до 2030 года планируется наращивать объемы добычи нефти, газа и угля с целью удержания лидерских позиций среди поставщиков углеводородного сырья на мировом рынке. Учитывая набирающие обороты добывающего сектора, наблюдается угроза зависимости благосостояния региона от мировых цен на углеводородное сырье.

Одним из основных факторов, тормозящих инвестиционную активность в регионе, является недостаточный уровень развития инфраструктуры, особенно в регионах нового освоения, где затраты на ее формирование могут составлять до 20% от стоимости проекта.

Наряду с высокой инвестиционной привлекательностью региона, наблюдается тенденция недостаточных инвестиционных вложений в развитие экономики края. Это связано с тем, что масштабные проекты инновационного развития в крае требуют существенных капитальных вложений, при этом являются долгосрочными. Однако, учитывая условия бизнес-среды в стране и в регионе и высокие риски инвестирования инвесторы предпочитают вложения с достаточной ликвидностью и быстрым сроком окупаемости вложенных средств в ущерб доходности на инвестиции. Если этот барьер не будет преодолен, реализуется угроза недостаточности финансирования от частного сектора крупных инвестиционных проектов развития Сибири.

Обобщая все вышесказанное, представим имеющуюся информацию в виде матрицы SWOT-анализа, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица SWOT-анализа экономики Красноярского края

| Сильные стороны | Возможности |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Уникальное экономико-географическое положение ✓ Большие резервы территории, свободные для развития бизнеса и проживания населения ✓ Богатый природно-ресурсный потенциал ✓ Развитый топливно-энергетический комплекс ✓ Развитая транспортная инфраструктура центральных и южных районов ✓ Мультиотраслевая система высшего образования и научно-исследовательских институтов ✓ Высокий уровень образования населения и качество трудовых ресурсов ✓ Богатый опыт реализации крупных инвестиционных проектов, в том числе федерального уровня значимости ✓ Обеспеченность бюджета края собственными средствами ✓ Высокие доходы населения ✓ Высокая емкость потребительских рынков и высокий платежеспособный спрос | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Расширение и использование потенциала традиционно сильных отраслей региональной экономики ✓ Создание предпосылок формирования сектора глубокой переработки ✓ Формирование спроса на продукцию обрабатывающих отраслей ✓ Внедрение инновационных технологий и выпуск инновационной продукции ✓ Формирование новых сфер и направлений, основанных на достижениях современной науки и производстве новых знаний ✓ Реализация новой экономической политики в развитии территории Сибири и Арктики ✓ Строительство новых транспортных коридоров на территории Сибири ✓ Развитие транспортно-коммуникационных сетей между Европой и странами АТР ✓ Усиление интеграционных связей российских регионов |
| Слабые стороны | Угрозы |
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Высокий уровень монополизации экономики ✓ Удаленность от мировых рынков сбыта ✓ Низкая транспортно-коммуникационная освоенность северных районов ✓ Низкая доля производств глубокой переработки продукции ✓ Недостаточный уровень развития инновационного предпринимательства ✓ Недостаток трудовых ресурсов ✓ Отток наиболее квалифицированной части населения, особенно молодежи ✓ Удаленность от столичных регионов | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Сохранение неэффективной и высокорисковой структуры экономики с преобладанием добывающего сектора ✓ Низкая доля сектора переработки и инноваций ✓ Высокая зависимость от неустойчивой конъюнктуры на мировых рынках цветных металлов и углеводородов ✓ Недостаточность инвестиционных вложений в экономику края ✓ Низкие темпы преодоления инфраструктурных ограничений |

По матрице SWOT-анализа можно сделать следующие выводы. На сегодняшний день Красноярский край представляет собой территорию, открывающую широкие возможности для бизнеса. По анализу сильных сторон можно заключить, что в крае сформирована достаточная база, позволяющая стимулировать инновационный и, как следствие, экономический рост. Инвестиционный климат региона можно охарактеризовать как нетипичный: при высокой инвестиционной привлекательности сохраняются высокие риски

инвестирования, что существенно тормозит развитие бизнес-среды и как следствие – всей экономики. Используя сильные стороны региона в сочетании с открывающимися возможностями по реализации экономической, инвестиционной, инновационной и экологической политики, становится возможным преодолеть слабые стороны, тормозящие экономическое развитие в крае, и нивелировать возможные угрозы. В частности, необходимо отметить существенный потенциал края в сфере деревообрабатывающей промышленности. Наличие в регионе существенных запасов лесных ресурсов, а также материально-производственной базы и инфраструктуры, позволяет вывести деревообработку в ранг ключевых отраслей экономики региона. Учитывая ограничения на вывоз необработанной древесины согласно Постановлению Правительства РФ №396 от 18 марта 2021 года, вопросы глубокой переработки древесины становятся все более актуальными.

2.2 Енисейская Сибирь и инновационное развитие

Как было установлено при проведении SWOT-анализа, одним из приоритетных направлений, обеспечивающим социально-экономическое развитие региона, является лесопромышленный комплекс. Край достаточно богат лесными ресурсами, однако на сегодняшний день все острее встает проблема исчерпаемости лесосырьевой базы. Данный факт обуславливает необходимость качественных изменений в данном секторе экономики. Также в крае достаточно развита научная, инновационная и кадровая база лесной промышленности. В частности, ее составляют Институт леса ФИЦ КНЦ СО РАН, СФУ и другие учреждения. Регион богат водными ресурсами, что также очень важно для развития лесопромышленного комплекса. В регионе уже создана материально-производственная инфраструктура на базе существующих предприятий лесного комплекса. Также необходимо отметить социальную значимость отрасли, которая обеспечивает рабочими местами около тридцати тысяч человек.

Стратегия развития до 2030 устанавливает цель для лесной отрасли – увеличить доходность с кубометра древесины до трех раз. Достичь таких показателей можно за счет глубокой переработки сырья, а также за счет вовлечения в хозяйственный оборот низкокачественной древесины и отходов ее обработки.

Очевидно, что поставленная цель предполагает осуществление крупных инвестиционных проектов в рамках действующих предприятий лесной промышленности региона, подразумевающих качественное преобразование их цепочки формирования ценности, включение в продуктовую линейку инновационных продуктов и использования передовых технологий лесовосстановления.

Внедрение в стратегию деятельности предприятий систем глубокой переработки древесины и наращивание объемов производства целлюлозно-бумажной продукции с высокой добавленной стоимостью позволит достичь предприятиям края уровня стран-лидеров по производству целлюлозно-

бумажной продукции. В связи с чем актуальными вопросами является модернизация основных производственных фондов в лесопромышленном комплексе.

Для достижения поставленной цели необходимо будет преодолеть ряд барьеров, обозначенных при проведении SWOT-анализа. В первую очередь, необходимо решить вопросы отсутствия транспортной инфраструктуры в северных районах края, где сосредоточены основные запасы лесных ресурсов. Во-вторых, ввиду высокой энергозатратности сектора лесной переработки, необходимо решить вопрос с обеспечением производственных мощностей теплом и энергией.

Для достижения целей стратегии социально-экономического развития в сибирском федеральном округе был запущен проект «Енисейская Сибирь», суть которого – обеспечение устойчивого экономического роста трех территорий СФО: Красноярского края, Республики Хакасия и республики Тыва. Таким образом, формируется макрорегион, объединенный общими целями и ресурсами для их достижения в рамках государственно-частного партнерства. Совокупность инвестиционных проектов «Енисейской Сибири» станет драйвером развития экономики не только в регионах, но и во всей России.

Среди ключевых проектов развития лесопромышленного комплекса необходимо отметить строительство биотехнологического завода в городе Лесосибирске на базе существующего предприятия ЛДК-1.

ОАО «Лесосибирский ЛДК- 1» входит в холдинг Segezha Group с февраля 2016 года. Это крупнейшее в России вертикально интегрированное предприятие лесопромышленного комплекса на сегодняшний день. Производственная мощность комбината составляет 1 млн. м³ круглого леса в год.

В 2018 году на рабочей встрече между губернатором Красноярского края А. Уссом и представителями правления компании Segezha Group была определена возможность создания на территории Красноярского края современного высокотехнологичного целлюлозно-бумажного производства. Позднее, в 2019 году, в рамках Красноярского экономического форума было подписано Соглашение о сотрудничестве Segezha Group и Правительства Красноярского края.

Концепция данного завода подразумевает использование кородревесных отходов и низкосортной древесины для производства белой хвойной целлюлозы и биопродуктов, заменяющих углеводородное сырье.

Очевидными преимуществами для региона является увеличение налоговых поступлений в краевой бюджет, а также создание новых рабочих мест (до 5000 на время реализации проекта и до 500 на постоянной основе [30]). Кроме того, в рамках заключенного соглашения будет осуществляться модернизация имеющейся в регионе инфраструктуры: модернизация железнодорожного узла и строительство ЖД линии протяженностью 10 км, создание нового водозабора для города, строительство автомобильной эстакады, создание дополнительного источника электроэнергии для местных нужд города Лесосибирска.

Помимо улучшения экономического климата в регионе, планируется улучшение экологических показателей за счет утилизации неликвидной

древесины в объеме до 2,3 млн м³ в год и проведения лесовосстановительных работ. Кроме того, новое предприятие создаст предпосылки для развития малого и среднего бизнеса региона в сфере строительства (поставка строительных материалов, аренда строительной техники, строительные-монтажные услуги и др.), транспорта и логистики (доставка древесного сырья, и вывоз готовой продукции), сервиса и технического обслуживания оборудования и транспорта.

Представители компании отмечают, что в рамках данного проекта производства целлюлозы лежат принципы безотходности и экологической безопасности. В основу проекта лягут технологические решения, использованные при строительстве аналогичного завода в Финляндии, который по экологическим показателям является лучшим в мире.

Таким образом, новый инновационный комбинат по глубокой переработке древесины позволит решить множество существующих проблем, в том числе в экологической сфере. Для того, чтобы оценить итоговый вклад в создание ценности продукции новым заводом, рассмотрим существующую традиционную технологию переработки древесины и получения из нее белой целлюлозы.

2.3 Описание традиционных производственных процессов цепочки создания ценности российской целлюлозно-бумажной промышленности

Целлюлозно-бумажное производство является достаточно наукоемким, состоящим из различных технологических этапов, нацеленных на получение различной целлюлозно-бумажной продукции: целлюлозы, бумаги, картона, в зависимости от стадии производственного цикла. Наибольшую экологическую нагрузку создают процессы производства белой целлюлозы, в связи с чем представляется необходимым рассмотреть основные составляющие данного процесса для идентификации экологических рисков и оценки воздействия на окружающую среду, а также трансформации цепочки ценностей. Наиболее широко распространенным методом получения целлюлозы из древесины является сульфатная варка древесины.

Традиционно процесс производства белой сульфатной целлюлозы состоит из следующих подпроцессов (показаны на рисунке 5) [39]:

- подготовка древесины;
- производство сульфатной целлюлозы;
- регенерация химикатов;
- сопутствующие процессы (сжигание отходов, очистка сточных вод).

Каждый из подпроцессов, в свою очередь, представляет собой совокупность операций. Рассмотрим эти операции более подробно, а также для целей дальнейшего исследования смоделируем эти операции в нотации IDEF0.

Подпроцесс подготовки древесины разбивается на следующие операции:

- распиловка древесины;
- окорка древесины;
- рубка древесины;
- сортирование щепы.

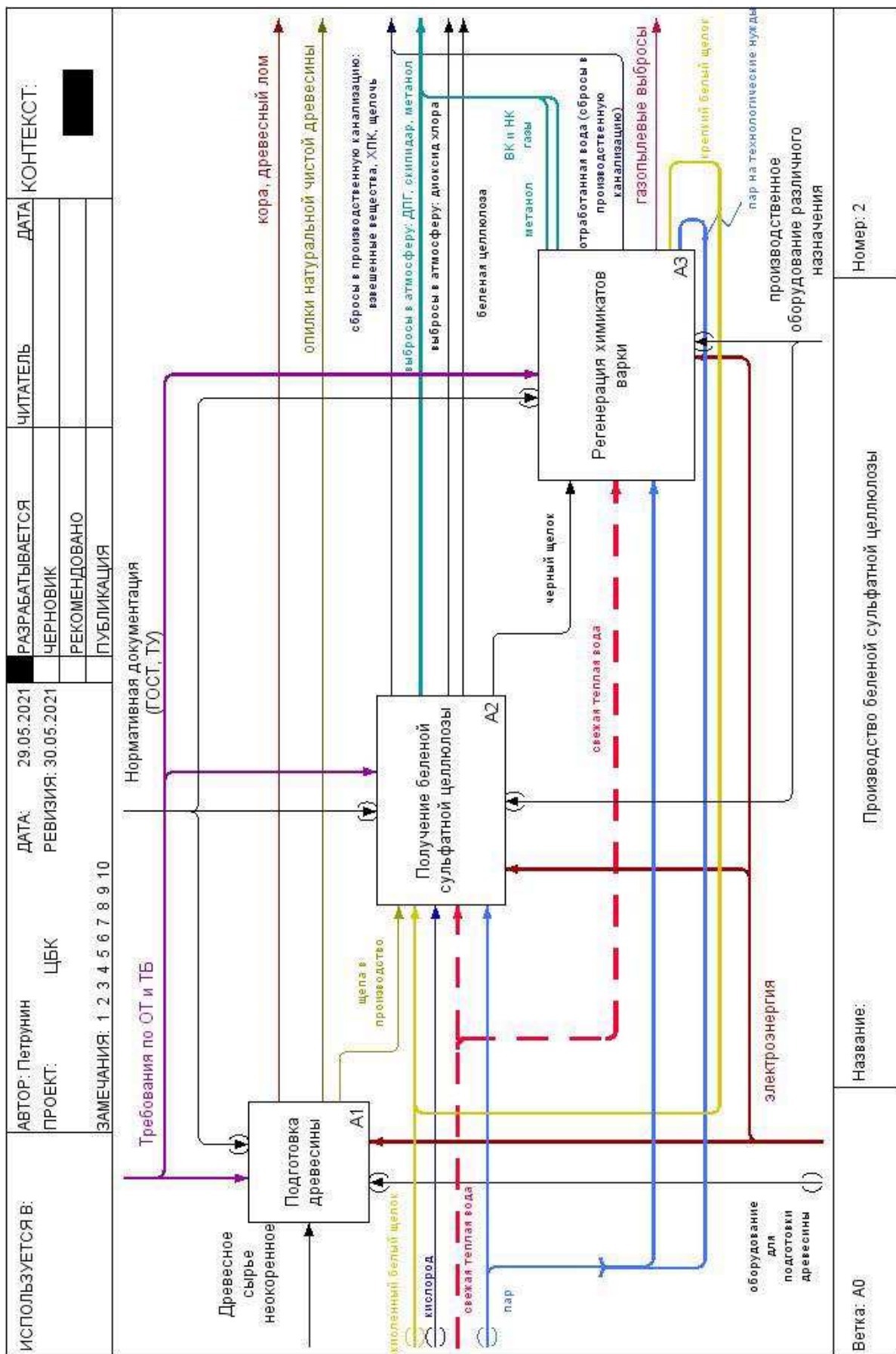


Рисунок 5 – Декомпозиция технологического процесса производства беленой сульфатной целлюлозы

Входным ресурсом данного подпроцесса будет являться древесное сырье различного качества. В качестве древесного сырья целлюлозно-бумажной промышленности выступают поваленные деревья, поступающие на первичную обработку. Так как сырье может быть различной длины (так называемый длинник до 4,5-6 м в длину, а также коротье 1,2-2,2 м в длину), иногда требуется его предварительная распиловка на отрезки указанной длины. Однако в настоящее время на предприятиях используются барабаны для окорки, позволяющие обрабатывать древесину длиной до 6 метров, в связи с чем необходимость проведения распиловки отпадает [40].

На следующем этапе с сырья необходимо удалить кору и прочие инородные частицы. Такой процесс носит название окорки. Сырье, подготавливаемое для использования в целлюлозно-бумажной промышленности, подлежит чистой окорке. Суть этого метода заключается в том, что ствол дерева полностью очищается от всех слоев коры, включая камбий (см. рисунок 6). Чаще всего для этого используются окорочное оборудование роторного типа.

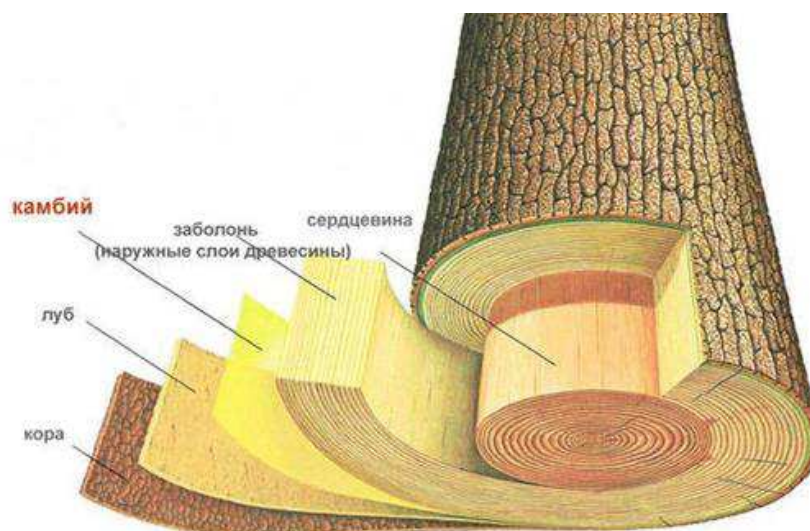


Рисунок 6 – Слои ствола дерева [41]

Очевидно, что данный технологический процесс является наиболее энергозатратным среди всех операций первичной переработки. Кроме того, в этом процессе образуется большое число отходов (особенно при чистой окорке), которые в настоящее время не находят должного применения. При этом, при современном уровне технологий окорки в целлюлозно-бумажной промышленности, данный ресурс может достигать объема 2 млн. м³. Однако, как показывает практика, в промышленности используется не более 12-15% этого объема [42], а остальное квалифицируется как отходы и чаще всего сжигается или складывается на свалках, нанося ущерб окружающей среде.

Следующим этапом в производстве целлюлозы является рубка окоренного сырья в щепу. Далее следует процесс ее сортировки по размеру. Однородность размера щепы обеспечивает эффективность процесса варки и как следствие – высокое качество производимой продукции. В зависимости от фракции щепы

соответствующего размера отправляется в производство для дальнейшей варки, щепы мелкой фракции идет в отходы вместе с опилками и корой, а щепы крупной фракции отправляется на повторное дробление и снова попадает на сортировку.

На этом процесс подготовки древесного сырья заканчивается. Схема декомпозиции процесса предварительной подготовки представлена на рисунке 7.

При подготовке древесины руководствуются следующими стандартами

- ISO 24294:2013 Лесоматериалы - Круглые и пиленные лесоматериалы;
- ГОСТ 2292-88 Лесоматериалы круглые. Маркировка, сортировка, транспортирование, методы измерения и приемка.

Технологические требования изготовления щепы регламентированы ГОСТ 15815-83 Щепы технологическая. Технические условия.

Сортировка щепы осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 55116-2012, составленным на основании международного стандарта серии ISO (Часть 4: Сортированная древесная щепа), определяющем спецификации сортированной древесной щепы.

Далее рассмотрим процесс получения беленой сульфатной целлюлозы из подготовленного сырья. Ввиду того, что технология регенерации химикатов давно апробирована, сульфатный способ получения целлюлозы является доминирующим в целлюлозно-бумажной промышленности. Кроме того, этот подход является на сегодняшний день наиболее экономически эффективным, позволяющим получить беленую целлюлозу с высокими прочностными характеристиками. Такой способ может быть использован для переработки древесины практически любой породы [43].

Подпроцесс получения беленой сульфатной целлюлозы включает в себя следующие технологические операции [39]:

- варка целлюлозы;
- горячий размол, промывка и сортирование небеленой целлюлозы, сортирование и размол отходов;
- кислородная делигнификация и отбелка целлюлозы;
- очистка беленой целлюлозы;
- сушка, упаковка и хранение беленой целлюлозы.

Основные этапы производства беленой сульфатной целлюлозы, применяемые в настоящее время на отечественных целлюлозно-бумажных комбинатах, представлены на рисунке 8.

Процедура сульфатной варки древесины заключается в обработке щепы варочным щелоком при высокой температуре [40]. При загрузке щепы и варочного щелока в котел щепа утрамбовывается паром. Также этот процесс производится для того, чтобы ускорить процесс пропитки щепы химикатами.

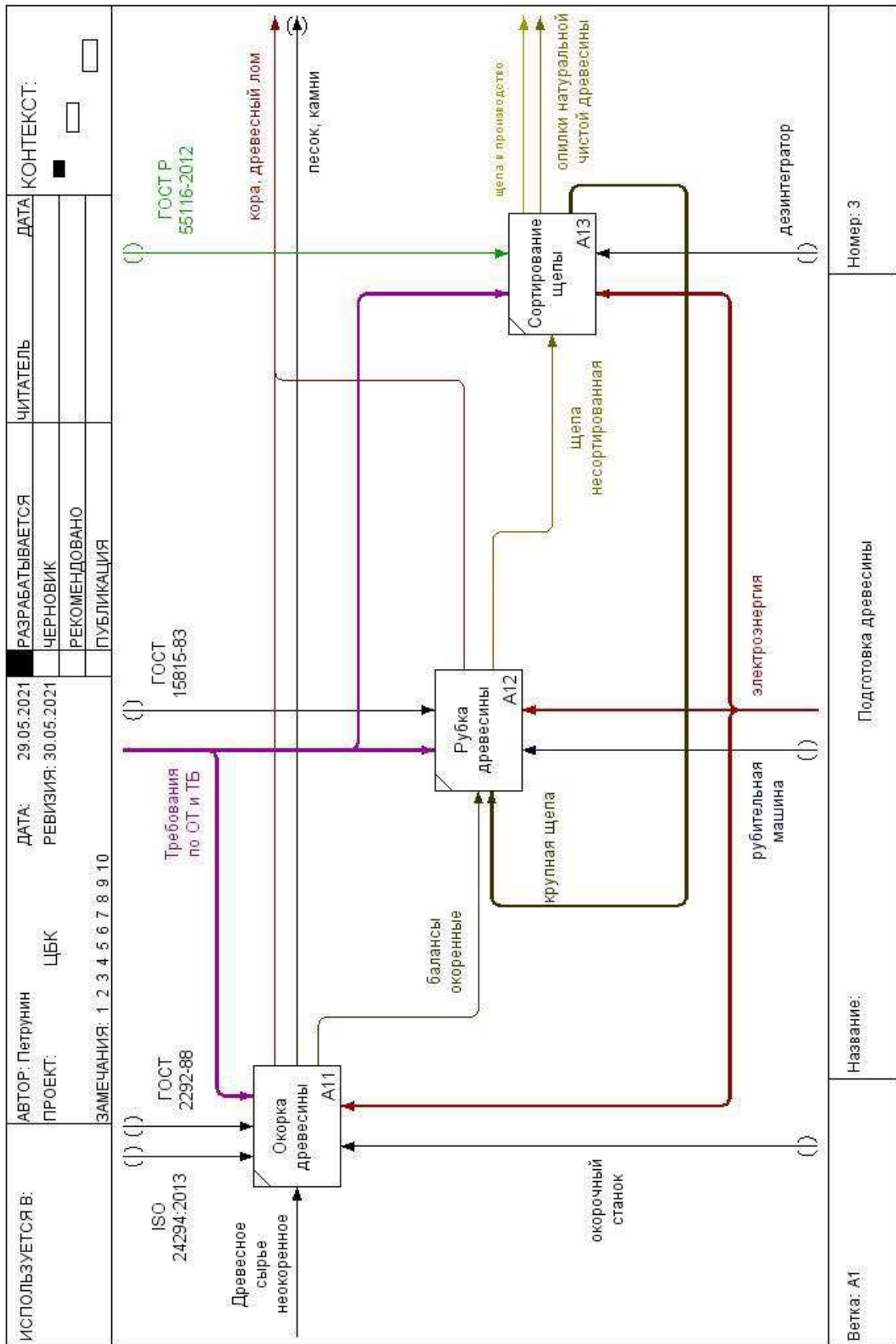


Рисунок 7 – Диаграмма технологического процесса подготовки древесины

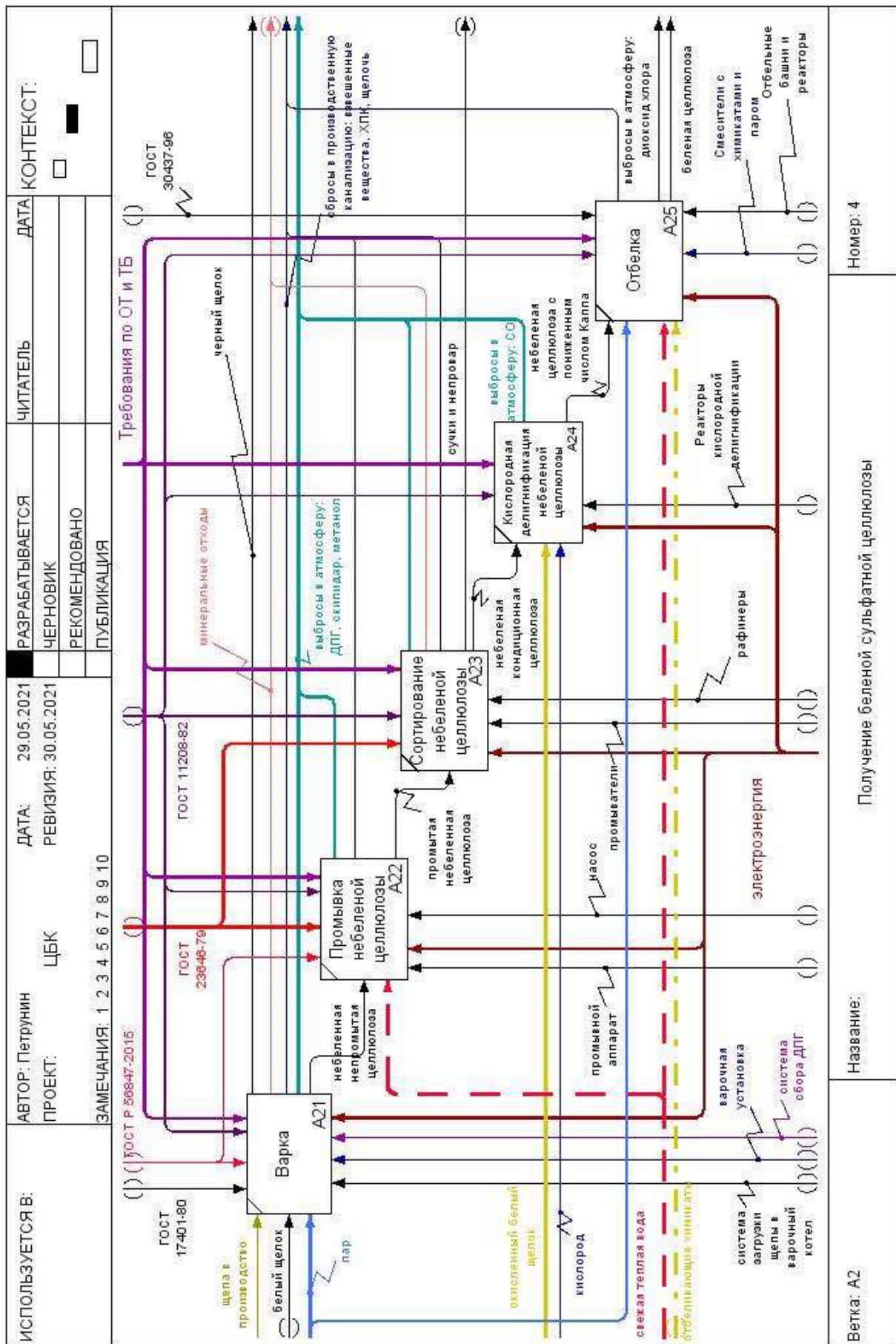


Рисунок 8 – Диаграмма технологического процесса производства беленой сульфатной целлюлозы

В рамках этого процесса лигнин, углеводы и экстрактивные вещества образуют отработанный (черный) щелок. Помимо этого, процесс варки целлюлозы сопровождается выделением летучих веществ, таких как метилмеркаптан, диметилсульфид, диметилдисульфид, сероводород, обладающих характерным неприятным запахом (дурнопахнущие газы – ДПГ) [39]. Нормативы образования отходов в процессе производства регламентированы ГОСТ Р 56847-2015.

Далее следует промывка небеленой целлюлозы. Цель данного этапа – отделение от целлюлозного волокна минеральных и органических веществ черного щелока, чтобы впоследствии снизить расход отбеливающих химикатов [43]. Показатели качества полуфабрикатов целлюлозно-бумажного производства регламентированы ГОСТ 23646-79. Последовательность и порядок проведения операций варки с целью получения волокнистого полуфабриката заданного качества определены ГОСТ 17401-80.

Следующий этап получения целлюлозы – это сортировка промытой небеленой целлюлозы. В рамках данного этапа целлюлоза очищается от сучков и непровара, остатков коры и прочих примесей. Технологический регламент изготовления беленой целлюлозы регламентирован ГОСТ 11208-82.

После сортировки кондиционная небеленая целлюлоза поступает на оборудование кислородной делигнификации. Целью этого процесса является повышение качества целлюлозы и сокращение последующих затрат на ее отбеливание, так как в результате снижается потребление диоксида хлора.

На отечественных предприятиях, производящих сульфатную целлюлозу, для хвойной целлюлозы применяются установки двухступенчатой кислородной делигнификации. В процессе O_2 -делигнификации образуются в основном газовые выбросы, в том числе углекислый газ, непоглощенный кислород, водяной пар, и другие летучие соединения, которые выбрасываются в атмосферу без очистки.

Заключительным этапом является отбелка целлюлозы, при которой она получает чистый белый цвет за счет удаления лигнина, экстрактивных и других веществ, содержащих хромофорные группы, для окончательной делигнификации. Метод определения белизны целлюлозы регламентируется ГОСТ 30437-96 Целлюлоза. Метод определения белизны.

Не менее значимым подпроцессом при производстве сульфатной целлюлозы является регенерация химикатов варки. Совокупность операций данного подпроцесса показана на рисунке 9. При данных процессах происходит воспроизведение химикатов, израсходованных при варке, с целью их повторного использования. Такой подход обуславливает экономичность и экологичность данного метода по сравнению с другими технологиями производства. Помимо этого, регенерация химикатов подразумевает сжигание упаренного щелока, за счет чего производство дополнительно оснащается паром и электроэнергией собственного производства.

С каждой произведенной тонны целлюлозы образуется около 10 м³ черного щелока, выделяемых в основном на этапах варки и очистки целлюлозы. При этом после промывки щелок содержит очень много воды (концентрация

сухих веществ достигает 15%) [45], что делает невозможным его использование в качестве топлива. Поэтому предварительно черных щелок подлежит выпариванию с целью увеличить концентрацию сухих веществ до 80% перед подачей его на сжигание.

Однако перед выпариванием щелок также подлежит предварительной обработке. В состав черного щелока, помимо органических соединений (органические кислоты, продукты разрушения углеводов, щелочной лигнин) входят минеральные вещества (натриевые соли), образующиеся в результате омыливания щелочью содержащихся в древесине смоляных и жирных кислот [45]. В процессе выпарки содержание сульфатного мыла приводит к пенообразованию, нарушая тем самым процесс работы выпарной станции, поэтому предварительно раствор нужно обезмылить. Требования к сырому сульфатному мылу определены ТУ 81-05-118-77.

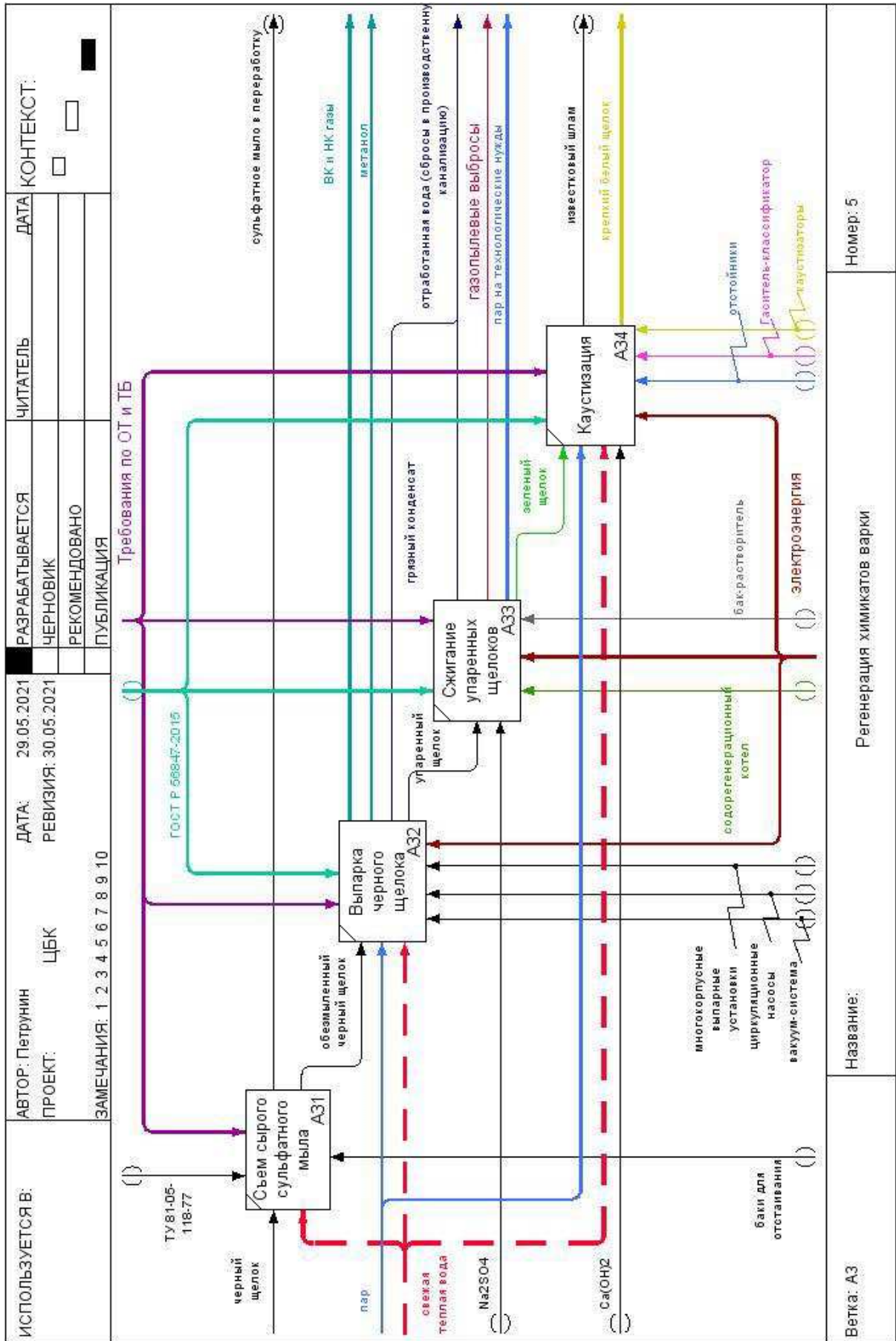
Далее для обеспечения горения щелока из него удаляют большую часть воды путем выпаривания. В процессе упаривания щелока активно образуются дурнопахнущие газы, попадающие в стоковый пар. Такие дурнопахнущие газы могут быть высококонденсированными и неконденсированными, при этом высококонденсированные газы попадают в грязный конденсат, который впоследствии подлежит отдувке паром, что позволяет запустить их повторно в цикл производства в рамках процессов промывки целлюлозы, а неконденсированные газы как правило сжигаются.

Следующая стадия – это стадия сжигания щелока. Для возмещения потерь щелочи к упаренному щелоку добавляется сульфат натрия, после чего вещества поступают в содорегенационный котел [46]. В процессе горения неорганические химикаты восстанавливаются в расплавленном виде. Далее этот плав растворяют белым щелоком, в результате чего получается жидкость зеленого цвета, называемая зеленым щелоком, состоящая преимущественно из карбоната натрия (Na_2CO_3), и сульфида натрия (Na_2S) [45,46].

Получившийся зеленый щелок отправляется на каустизацию (то есть реакции с гидроксидом кальция) с целью перевода карбоната в гидроксид натрия [46]. В результате полученный белый щелок направляется в производственный цикл для осуществления варки. Побочные продукты каустизации (в частности негашеную известь) снова используют для каустизации.

Нормативы образования отходов и нормы обращения с отходами на этапах технологического цикла процесса производства сульфатной целлюлозы регламентированы ГОСТ Р 56847-2015.

Таким образом, на контекстной диаграмме процесса производства беленой сульфатной целлюлозы (рисунок 10) отражены ключевые результаты и побочные продукты. Как видно из рисунка 10, в рамках традиционного процесса образуется достаточное количество различных отходов, которые никак не используются, а просто сжигаются. Также необходимо отметить наличие ряда загрязняющих веществ (твердых, жидких и газообразных), сопутствующих процессу производства. Данные параметры могут выступать серьезными факторами риска, действие которых необходимо оценить и минимизировать в рамках улучшенной технологии глубокой переработки.



Ветка: А3

Название: Регенерация химикатов варки

Номер: 5

Рисунок 9 – Диаграмма технологического процесса регенерации химикатов варки

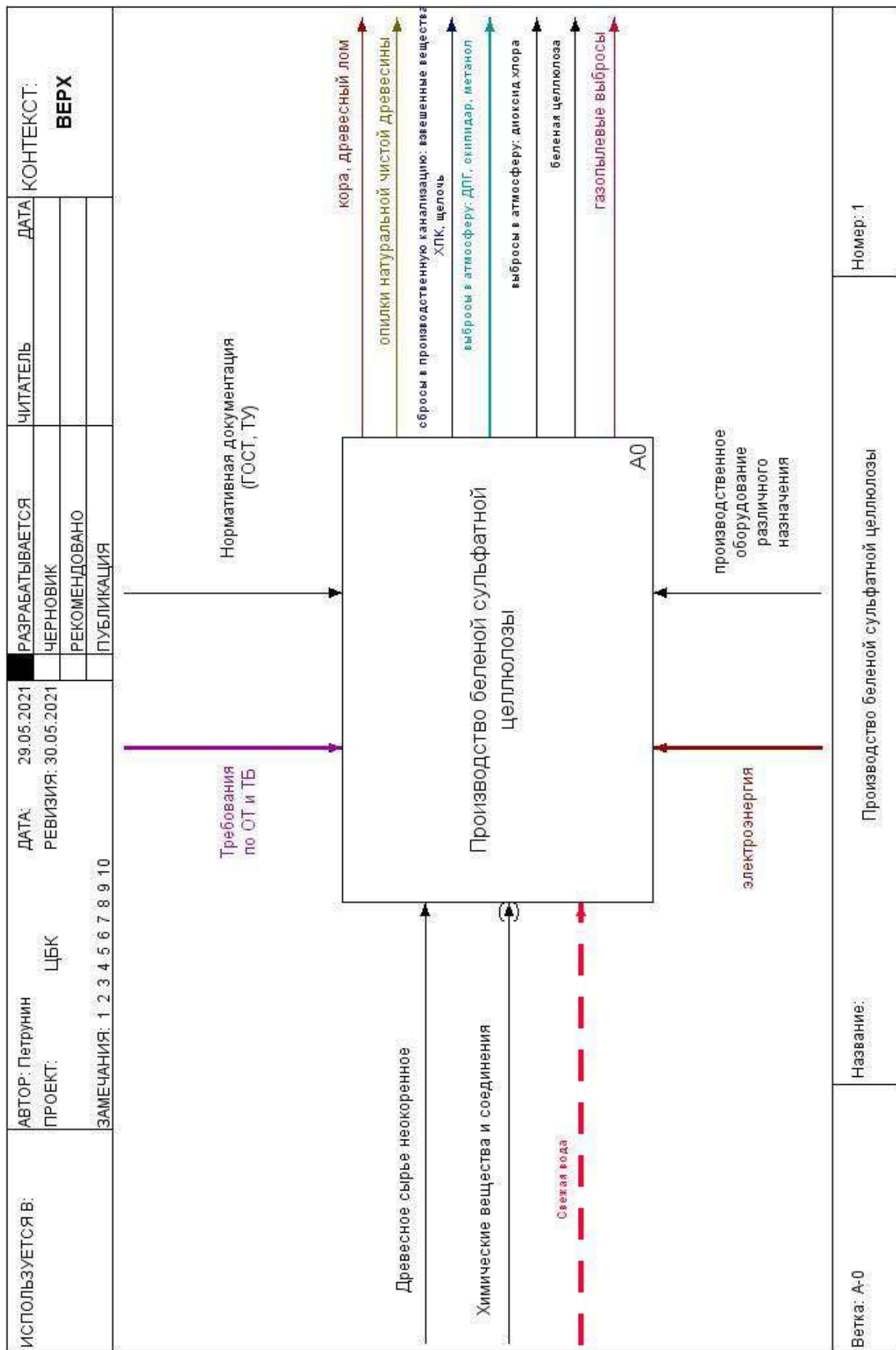


Рисунок 10 – Контекстная диаграмма процесса производства беленой сульфатной целлюлозы

3. Формирование цепочки ценностей в контексте экологической безопасности создания биотехнологического комбината комплексного инвестиционного проекта «Енисейская Сибирь»

3.1 Предложения по внедрению новых технологий эффективного лесопользования

Основу развития лесопромышленного сектора в настоящее время составляют внедрение наилучших доступных технологий в практику производства, снижение материало- и капиталоемкости производства, а также использование и переработка отходов деревообработки.

Предполагаемый к реализации в рамках комплексного инвестиционного проекта «Енисейская Сибирь» современный биотехнологический комбинат принципиально отличается от традиционных подходов к целлюлозному производству. Основной концепцией нового завода являются принципы экологичности и безотходности. Как было показано выше, традиционные производства целлюлозы выделяют большое количество различных отходов, наличие которых негативно сказывается на состоянии окружающей среды, и как следствие – на среде обитания человека и его жизнедеятельности. Учитывая близость завода к населенному пункту, а также наличие рыболовного и сельского хозяйства в городе, аспекты экологичности приобретают все большее значение.

В качестве технологической основы нового завода выступает аналогичное производство целлюлозы в финском городе Энекоски, запущенное в 2017 году. В России это будет первый завод такого уровня и масштаба.

Спрос на целлюлозу хвойных пород неуклонно растет во всем мире, особенно быстро в Китае. Биотехнологический комбинат укрепит глобальные позиции региона на рынке северной хвойной целлюлозы, повысит рентабельность в долгосрочной перспективе и удовлетворит растущий спрос на северную хвойную целлюлозу.

Новый завод является биотехнологическим, так как помимо производства блененной сульфатной целлюлозы ассортимент продуктов составят биотехнологические инновационные продукты, а также биоэнергия, позволяющая отказаться от ископаемого топлива. Технологический процесс производства позволит использовать балансовую древесину на 100%, задействуя все побочные потоки производства. Таким образом, вокруг производства целлюлозы будет выстроена целая биоэкономическая система. Рассмотрим аспекты технологии, создающие новую ценность для потребителя.

Ключевые изменения факторов производства будут относиться как к новым продуктам, так и к процессам внутри компании. Начнем с процессных преобразований, так как именно они создают возможность производить ряд побочных продуктов. Принципиальная схема завода показана на рисунке 11.

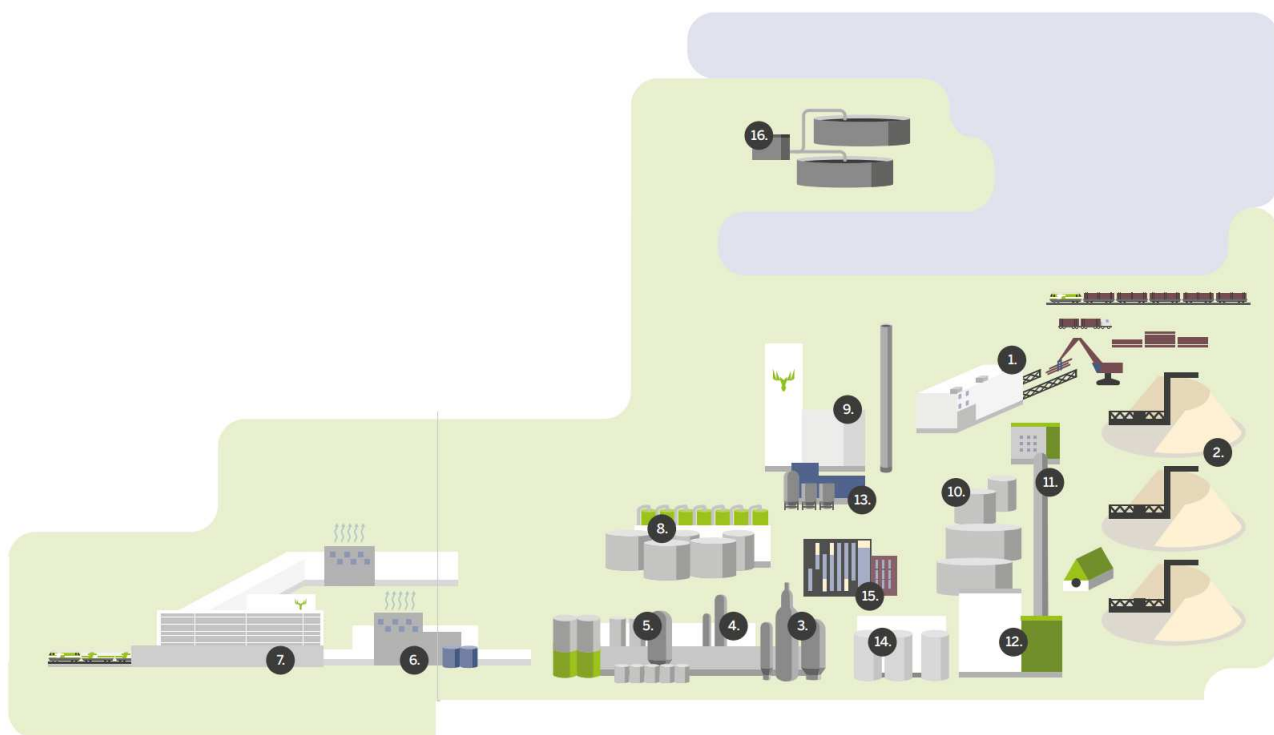


Рисунок 11 – Схема биотехнологического производства [47]

| Производство целлюлозы | Производство энергии и переработка химических веществ |
|---|---|
| 1. Окорочная установка | 8. Испарительная установка |
| 2. Складирование отходов деревообработки (опилки, кора и пр.) | 9. Котел-утилизатор и турбина |
| 3. Варочный котел | 10. Цех рекаустизации |
| 4. Цех промывки целлюлозы | 11. Печь для обжига извести |
| 5. Цех отбеливания целлюлозы | 12. Установка для газификации коры |
| 6. Цех сушки целлюлозы | 13. Завод серной кислоты |
| 7. Автоматизированный центр распределения целлюлозы | 14. Установка для очистки воды |
| | 15. Центр управления заводом |
| | 16. Станция очистки сточных вод |

Представленная на рисунке 11 схема завода позволяет полностью включить в цикл производства все побочные продукты. В таком производстве отпадает необходимость использовать ископаемое топливо, поскольку он генерирует всю необходимую энергию из побочных потоков производства. Традиционно на целлюлозно-бумажных комбинатах в качестве ископаемого топлива используется черный щелок, природный газ и небольшое количество мазута в качестве резервного источника. В рамках реинжиниринга завода ископаемое топливо будет заменено на биогаз из газифицированной коры, также в качестве топлива можно использовать талловый пек, образующийся при переработке таллового масла. Кроме того, все узлы и агрегаты, которые возможно перевести на электричество, будут работать на электроэнергии собственного производства.

Самым значимым преобразованием, требующим существенных инвестиций, является котел-утилизатор и турбина. Расчетная мощность котла составляет 7200 тонн сухих веществ в сутки. Котел-утилизатор производства компании Valmet (Финляндия) обладает множеством функций, в том числе запатентованной системой рекуперации тепла из дымовых газов, что позволяет

комбинату производить до 260 МВт электроэнергии, что в несколько раз больше, чем требуется для обеспечения собственной работы.

Котлы компании Valmet могут сжигать практически все отходы, поступающие с комбината, такие как кора и другие древесные отходы, шлам, отходы от удаления краски и многое другое.

С ужесточением правил выбросов эффективное удаление частиц пыли и других загрязняющих веществ из дымовых газов является обязательным. Чтобы решить проблему выбросов, Valmet предлагает эффективное решение для сухой и влажной очистки дымовых газов. Для улавливания твердых частиц и сухой очистки дымовых газов предлагается использовать электростатический осадитель Valmet, который удаляет частицы пыли из дымовых газов с помощью электрических полей высокого напряжения (до 150 кВ). Это решение для тяжелых условий эксплуатации подходит для широкого диапазона температур до 420 °С и для больших мощностей.

В свою очередь, мокрая очистка дымовых газов является эффективным способом снижения выбросов в дымовых газах SO₂, HCl и NH₃ почти до нулевого уровня.

Биомассу также можно использовать в газогенераторе для производства биогаза для замены используемого ископаемого топлива.

Процесс газификации основан на частичном сжигании биомассы или отходов при высоких температурах с использованием контролируемого количества воздуха. На установке газификации биомассы кора сушится с использованием запатентованного процесса двухслойной сушки с рециркуляцией материала. Высушенная кора газифицируется для получения газообразного продукта, который затем используется в качестве топлива в печи для обжига извести. Получаемый в результате газообразный продукт является универсальным энергоносителем, обладающим рядом преимуществ.

Важным аспектом модернизации завода будет являться линия сушки целлюлозы. Благодаря современной конструкции вентиляторов циркуляционного воздуха, сушильных выдувных ящиков и паровых змеевиков сушильный модуль отличается высокой скоростью и производительностью, энергоэффективностью, а также стабильностью работы и увеличенным межремонтным периодом. Концевые башни сушильной установки поддерживают низкий уровень пыли для повышения эффективности. Пыль отрицательно влияет как на производительность, так и на потребление энергии, поскольку она забивает фильтрующие сетки паровых змеевиков и снижает теплопередачу. Традиционно проблема решается ручным удалением пыли с помощью промышленных насосов. Новая конструкция сушильной камеры решает эту проблему. Кроме того, концевые вентиляторные башни обеспечивают более высокий поток воздуха и увеличивают испаряемость примерно на 2,6%.

Помимо этого, процессы сопровождения сушки целлюлозы будут полностью автоматизированы за счет информационной системы контроля качества Valmet IQ.

Помимо изменений в основных процессах, вспомогательные процессы также подвергаются модернизациям за счет системы автоматизации Valmet DNA – это система управления технологическим процессом и сбора информации. Реализуя принципы интернета вещей, система автоматизации позволит контролировать состояние производственного оборудования и проводить превентивные мероприятия, исключая риски выхода из строя оборудования, исключить необходимость нахождения персонала в потенциально опасных участках, что снижает риск травм на производстве, а также уменьшает влияние человеческого фактора.

В рамках процессов регенерации химикатов предполагается реализовать систему обжига извести Valmet. Печь для обжига извести используется для преобразования карбоната кальция CaCO_3 в обожженную известь CaO . Обожженная известь вступает в реакцию с зеленым щелоком и осаждается в виде CaCO_3 , создавая замкнутый цикл повторной каустизации.

Активная известь регенерируется в печи для обжига извести с использованием биотоплива. Стационарный охладитель продуктов устанавливает новые стандарты рекуперации технологического тепла.

Система обжига извести Valmet обеспечивает надежное и энергоэффективное производство высококачественной извести для процесса рекаустизации. Производительность установки может достигать 1300 тонн в сутки. Предлагаемая концепция преобразований основных производственных процессов цепочки создания ценности показана на рисунке 12.

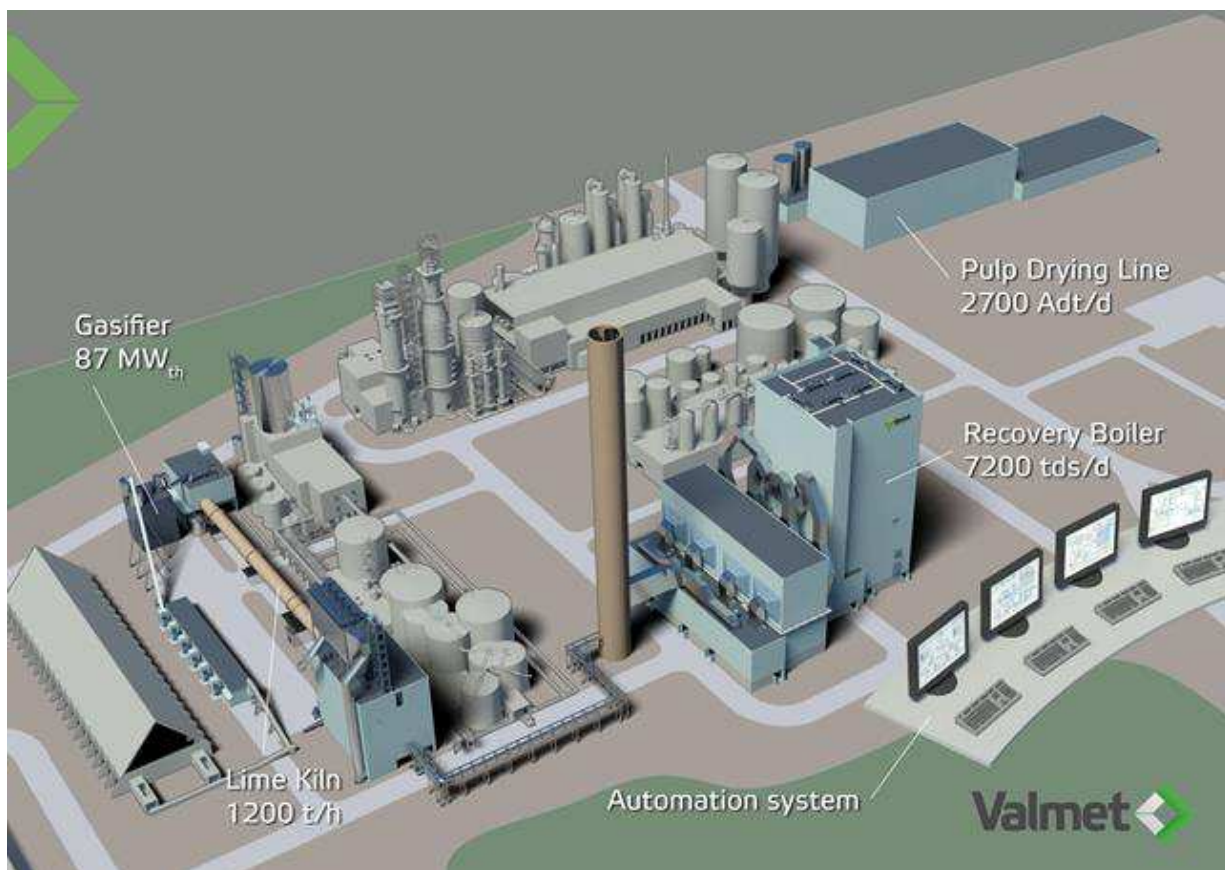


Рисунок 12 – Концепция модернизации завода оборудованием компании Valmet

[48]

В современном производстве целлюлозы обеспечение устойчивого развития является постоянной целью – производители целлюлозы во всем мире стремятся к замкнутому кругу и работают над тем, чтобы побочные потоки производства использовались повторно. Использование побочных продуктов для добавления ценности в рамках Лесосибирского ЛДК подразумевает также производство серной кислоты, обеспечивая еще большую эффективность и рентабельность процесса, а также его экологичность.

Valmet предлагает системы сбора и обработки как концентрированного неконденсируемого газа, так и низкоконцентрированного неконденсируемого газа. Восстановленная сера в этих дурнопахнущих газах может быть преобразована в серную кислоту, и эта кислота, произведенная внутри компании, закрывает химический цикл и приносит экономическую и экологическую выгоду.

Цех состоит из установки для сжигания концентрированного неконденсируемого газа и установки для переработки серной кислоты (рисунок 13). Производственная мощность цеха составит около 35 тонн серной кислоты в сутки. Это будет первый в России крупномасштабный завод по производству серной кислоты, реализованный на целлюлозном комбинате.

Новый цех позволит заводу по производству биопродуктов стать почти самодостаточным в серной кислоте, поскольку дурнопахнущие газы, образующиеся в процессе варки целлюлозы, будут преобразованы в полезных продукт. Это принесет значительные экологические преимущества. Количество сульфатного свинца в очистных сооружениях комбината будет уменьшено, причем количество сульфатов в близлежащих водных путях будет меньше по сравнению с любым действующим заводом в России. Установка для сжигания концентрированного неконденсируемого газа может использоваться в качестве резервного котла для производства технологического пара, таллового пека или жидкого метанола.

Необходимо также отметить вопросы, связанные с водообеспечением производственных процессов. Технологическое оборудование Valmet позволяет использовать водный ресурс с максимальной эффективностью, обеспечивая прохождение одного литра воды до 15 раз по технологическому циклу, прежде чем она вернется в водоем после предварительной обработки. Таким образом, объем водопотребления можно сократить до 20%, а количество сбрасываемых сточных вод на 40%. При этом вода проходит предварительную биологическую очистку, позволяя избавиться от 98% примесей.

Таким образом, производственные входные ресурсы и отходы производства приобретают многообразную форму, повторно запускаясь в производственный цикл. Это позволит биотехнологическому заводу в городе Лесосибирске достичь наилучших в России показателей по энергоэффективности и экологичности. Помимо этого, строительство завода будет сопровождаться созданием дополнительного источника электроэнергии для местных нужд города Лесосибирска, что также добавляет ценности заводу.

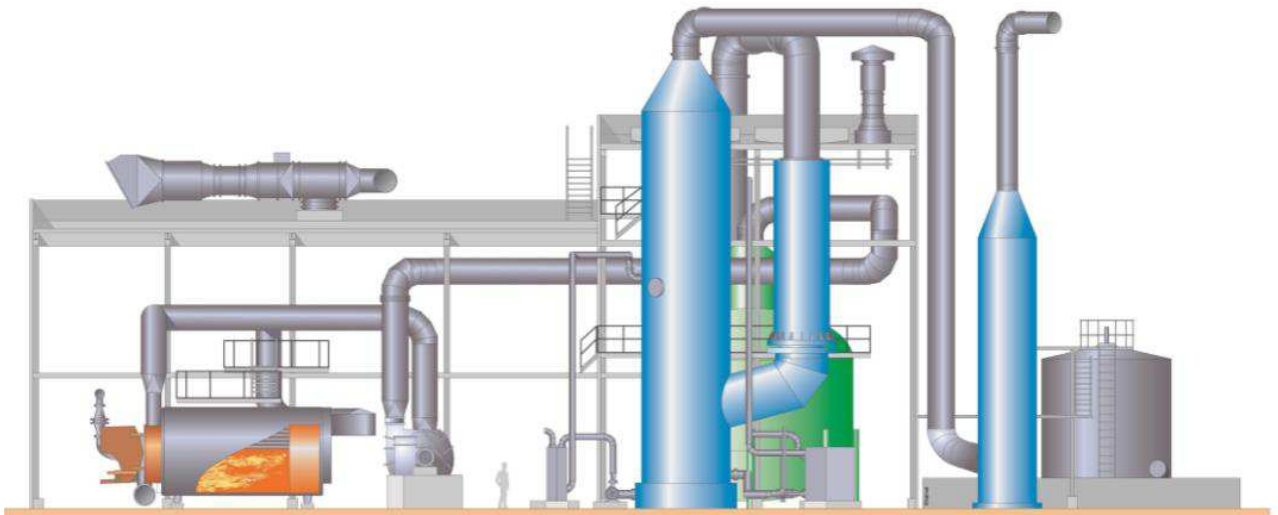


Рисунок 13 – Цех по производству серной кислоты в рамках целлюлозного комбината [48]

Можно утверждать, что завод по производству биопродуктов в Лесосибирске станет самодостаточным с точки зрения энергии, а все, что можно переработать, будет переработано.

3.2 Формирование новых источников повышения ценности бизнес-процессов производства блененной сульфатной целлюлозы

Таким образом, можно построить модель производственных процессов, основу которых составляют производственное оборудование компании Valmet и система автоматизации производственных процессов.

Добавленная стоимость биотехнологического комбината будет формироваться как за счет изменений в самих процессах, так и за счет формирования новых продуктов из основных и побочных процессов производства. Для завода в Лесосибирске можно выделить три ключевых подпроцесса производства, показанных на рисунке 14.

Рассмотрим основные изменения, касающиеся подпроцесса производства блененной сульфатной целлюлозы (модель показана на рисунке 15). Как и ранее, процесс производства целлюлозы начинается с приема бревен (неокоренных балансов). В данном участке не будет осуществлено кардинальных изменений, повысится лишь качество и скорость выполнения процессов, а также их безопасность за счет автоматизации. Продуманная подача конвейерами Valmet сводит к минимуму потери древесины и затраты на техническое обслуживание. В процессе окорки Valmet предлагает окорочные барабаны с несколькими решениями, соответствующими назначению. Поток древесины, выгружаемый из барабана, содержит минимальное количество разбитой и измельченной древесины, способствуя получению качественной щепы в процессе рубки. Все рубильные машины Valmet производят высококачественную щепу, идеально подходящую для процесса варки, с однородным размером и минимальным содержанием мелких частиц.

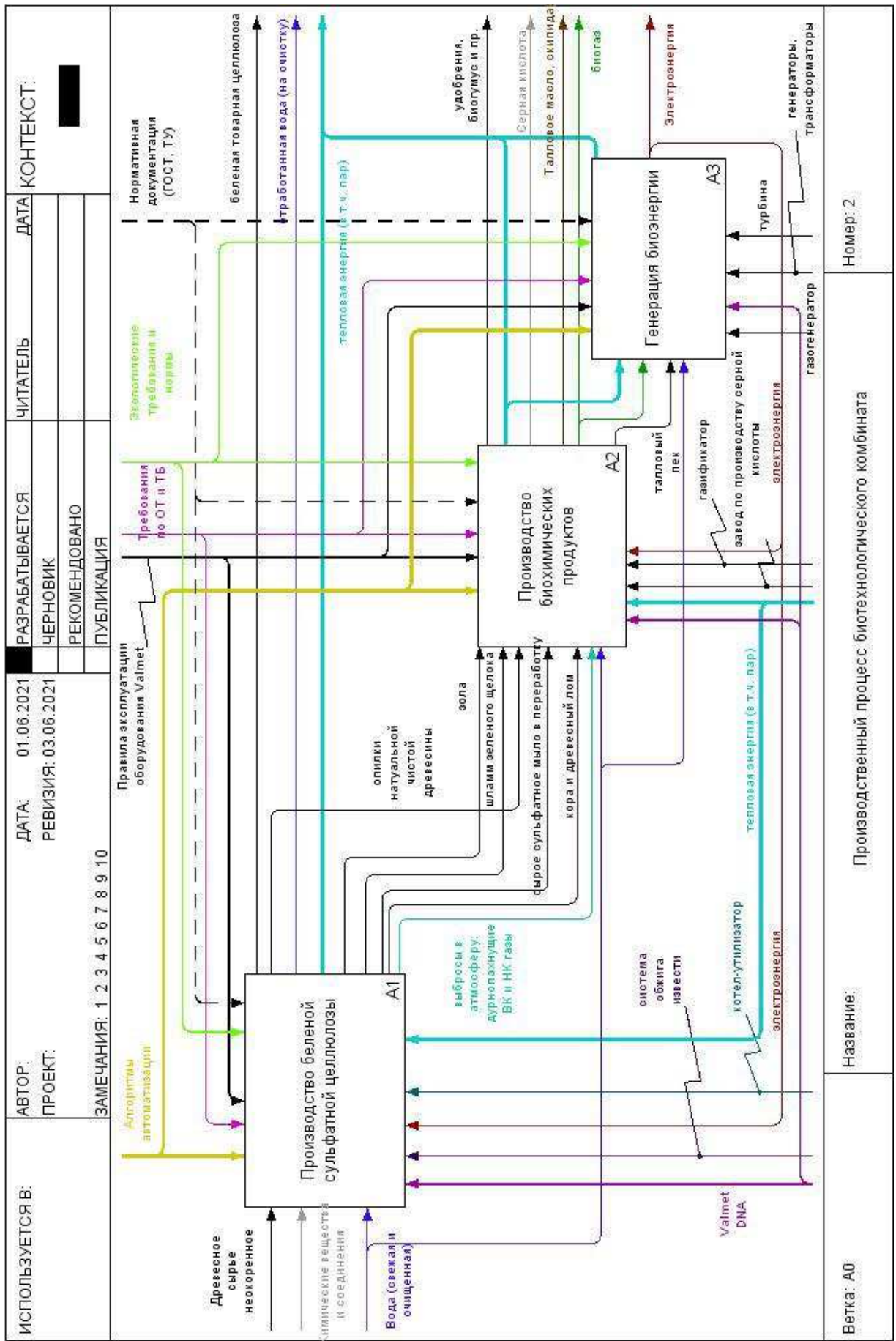


Рисунок 14 – Основные подпроцессы биотехнологического комбината

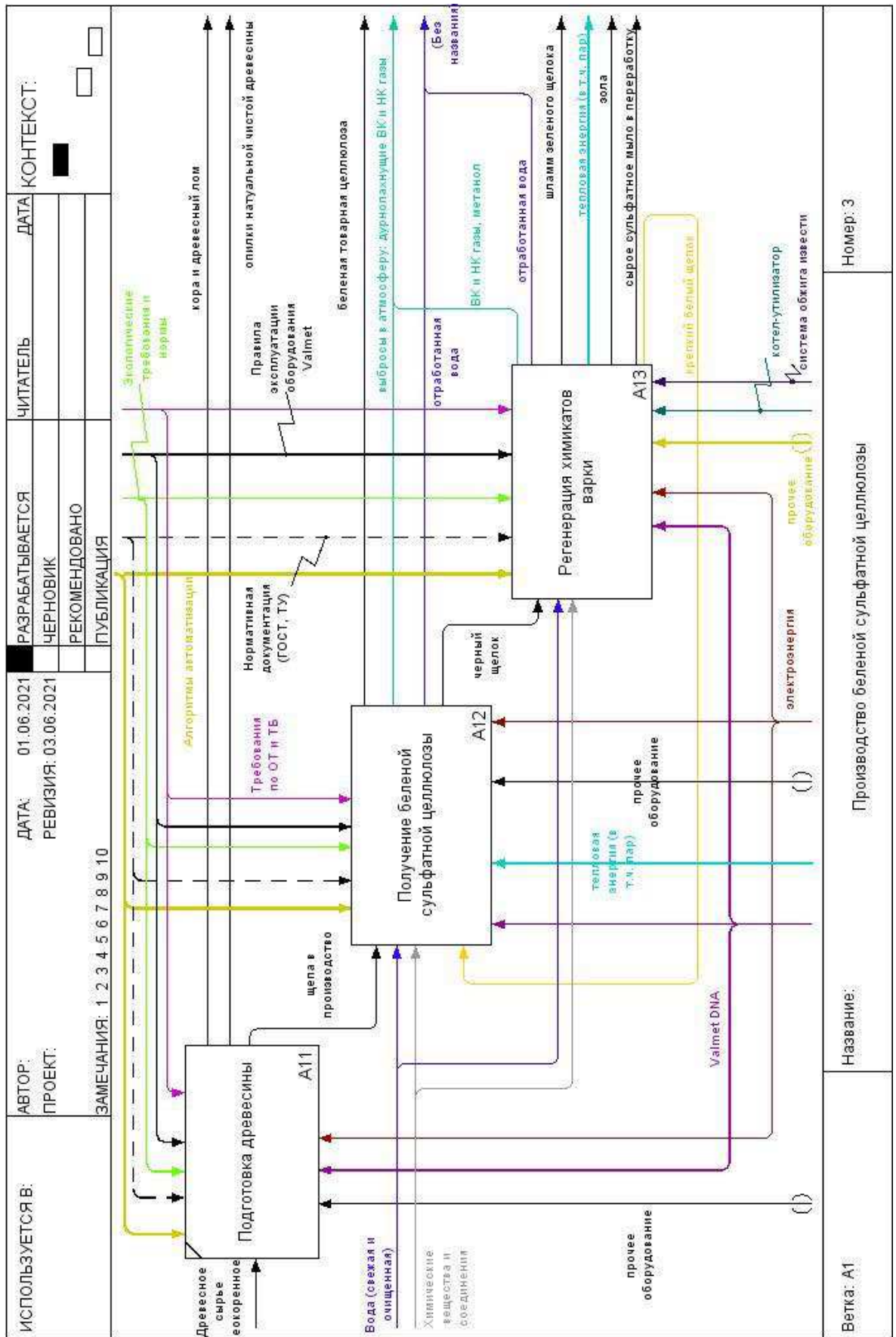


Рисунок 15 – Декомпозиция технологического процесса производства бленной сульфатной целлюлозы

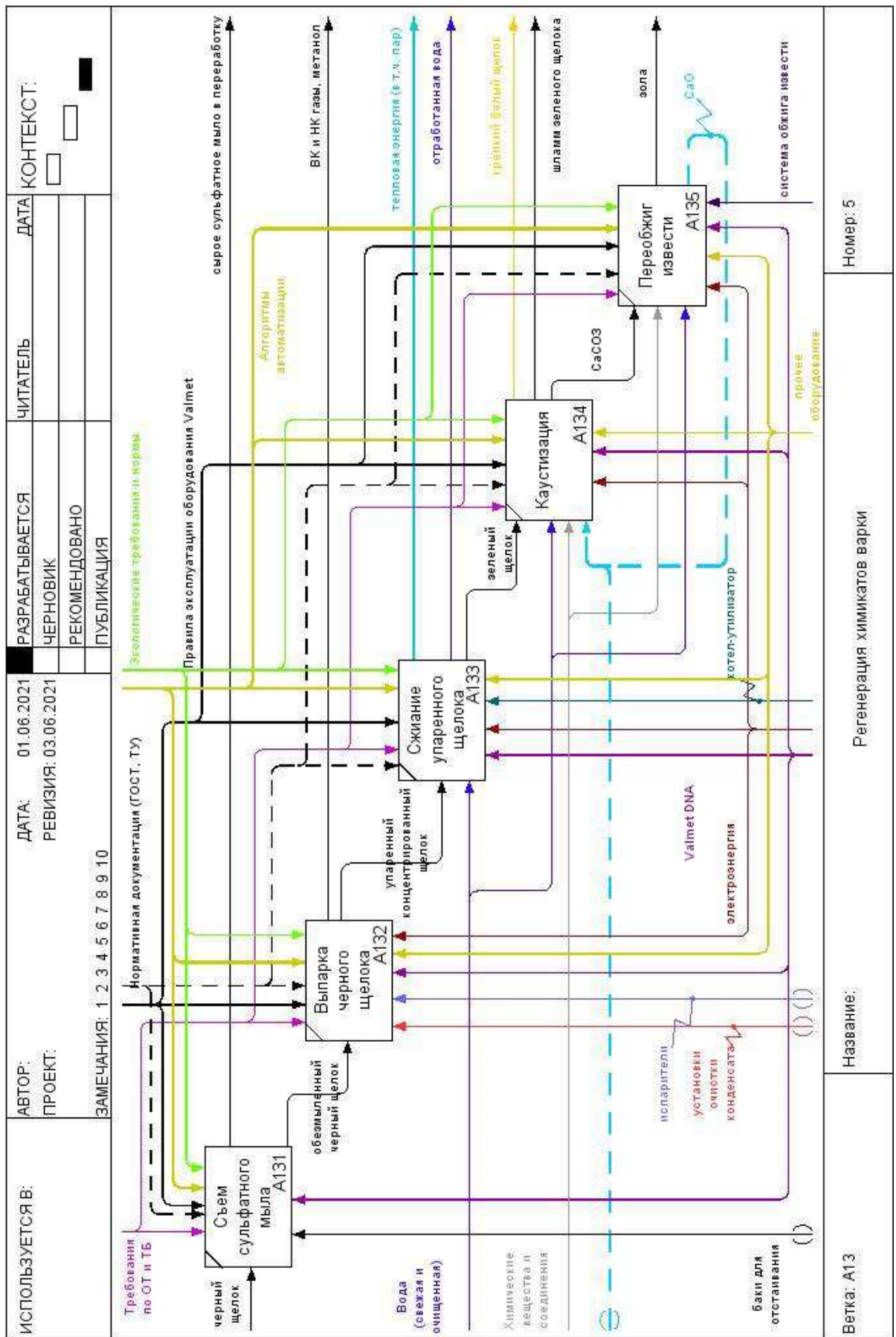


Рисунок 16 – Декомпозиция технологического процесса регенерации химикатов

Также необходимо отметить, что процессы получения целлюлозного волокна также мало подвержены изменению. Все производственные этапы технологии сохраняются, изменяется лишь производительность оборудования, качество получаемого материала и скорость работы.

Изменениям будет подвержен процесс регенерации химикатов (рисунок 16). В первую очередь необходимо отметить более совершенные установки испарителя и очистки конденсата Valmet, показывающих высокую производительность. Данные установки позволяют поддерживать расчетное давление и температуру в течение многих лет. Трубчатая конструкция испарителей обеспечивает высокую механическую прочность и более длительный срок службы. Их емкость также увеличивается за счет минимального риска засорения. Фактически, трубчатый концентратор полностью исключает засорение, так как жидкость испаряется на внешней стороне трубок.

Системы очистки конденсата Valmet позволяют адаптировать характеристики конденсата к производственным требованиям. Это максимально увеличивает повторное использование конденсата и экономит пресную воду.

Как отмечалось, основным в поставке оборудования будет являться котел-утилизатор. Котлы-утилизаторы Valmet характеризуются эффективным сгоранием, высокой эксплуатационной готовностью, безопасностью, и интеграцией с общепромышленными решениями Valmet для защиты окружающей среды. В котле применена технология пузырькового кипящего слоя, что делает возможным использовать топливо с повышенной влажностью (до 65%). Многоуровневая воздушная система Valmet отличается поэтапным, чередующимся распределением воздуха, которое эффективно снижает выбросы и позволяет соблюдать самые строгие ограничения.

Valmet также предлагает оборудование, которое отделяет осадок от зеленого щелока и повышает эффективность процесса каустизации. Фильтрация зеленого щелока и обезвоживание осадка производятся в одной машине. Это означает очень высокую производительность в одном устройстве.

Важным дополнением процесса регенерации является система обжига извести, которая образуется после обработки зеленого щелока. Система обжига извести Valmet обеспечивает надежное и энергоэффективное производство высококачественной извести для процесса рекаустизации. Тепло для печи подается от горелок, которые могут быть разработаны для любого типа газообразного, жидкого или твердого топлива. Важно отметить, что печь для дожигания извести Valmet может установлена таким образом, чтобы в качестве топлива использовать генерируемый биогаз, переработанный лигнин, или прямое сжигание кородревесных отходов. Замкнутый цикл переобжига позволяет снизить расход химических элементов и выбросы в атмосферу.

Теперь рассмотрим принципиально новые процессы, добавляющие ценности основному производству. Так как процессы подготовки древесины и получения белой сульфатной целлюлозы не изменились, они по-прежнему генерируют большое количество твердых, жидких и газообразных отходов.

Однако биотехнологических комбинат позволяет все эти отходы превратить в продукты с высокой добавленной стоимостью.

Важным инновационным решением является газификация отходов с целью получения топлива с улучшенными характеристиками (рисунок 17). Снижение выбросов CO₂ на сегодняшний день является важной задачей, при этом необходимо решить эту проблему эффективным и экономически выгодным способом. С этой точки зрения технологии газификации весьма актуальны, поскольку они позволяют частично или полностью заменить ископаемое топливо возобновляемым топливом.

Еще одно преимущество газификации отходов состоит в том, что этот процесс обеспечивает гораздо более высокий электрический КПД по сравнению с прямым сжиганием отходов. Также используются материалы, которые в противном случае были бы утилизированы – это отходы распиловки и окорки, некондиционная щепка, и даже шлам зеленого щелока, остающийся после каустификации. В результате получается биогаз, который может быть использован в качестве альтернативы природному газу для обеспечения производства теплом и электричеством, а также продаваться в качестве конечного продукта по цепочке поставок.

Одним из важных направлений добавления ценности может быть линия производства талового масла различной степени очистки. Талловое масло может быть получено при переработке сульфатного мыла. Оно может быть переработано в различные химические вещества, например, жирные кислоты, талловую канифоль, дистиллированное талловое масло и смолу. Данный продукт является сырьем для производства тысяч других продуктов: красок, автомобильных шин, а также в картонных и бумажных продуктах. Талловое масло высокой степени очистки также используется в пищевых продуктах, в том числе в животноводстве, что делает его востребованным на рынке. Необходимо отметить, что талловый пек, образующийся при производстве талового масла, также может быть использован в качестве топлива в котлах Valmet.

Необходимо отметить существенное добавление ценности за счет мини-завода производства серной кислоты. Натрий и сера играют жизненно важную роль в производстве качественной целлюлозы. Баланс этих химикатов напрямую влияет на эффективность целлюлозного завода. Восстановленная сера в пахучих газах целлюлозного завода может быть преобразована в серную кислоту, и эта кислота, произведенная внутри компании, закрывает химический цикл и приносит экономические и экологические выгоды. Компания Valmet предлагает готовое технологическое решение для производства.

При сжигании различных видов топлива неизбежно образуется зола, часть несжигаемых отходов также остается в виде сухого остатка. Компания Valmet предлагает технологические решения и для этих целей. Один из вариантов – это технология выщелачивания золы. Это хорошо зарекомендовавшая себя, уникально простая и эффективная технология удаления хлоридов и калия из золы. Выщелачивание золы не требует пара и работает независимо от других систем регенерации химических веществ.

Системы выщелачивания золы Valmet обеспечивают исключительную ценность для производителей целлюлозы. Благодаря простоте процесса установка выщелачивания очень проста в обслуживании и эксплуатации. Выщелачивание золы Valmet обеспечивает высокую доступность и хорошие долгосрочные характеристики. Зола можно использовать для производства органических удобрений и субстратов для выращивания.

Третьим подпроцессом является генерация биоэнергии. С помощью данного цикла завод станет полностью обеспечивать себя электроэнергией, а также поставлять избыточную энергию для нужд города Лесосибирска. Такие подходы позволяют полностью отказаться от ископаемого топлива, так как завод полностью обеспечен и электричеством, и теплом, а также производит продукты, поставляемые другим производителям энергии в качестве экологичного топлива топлива.

Таким образом, контекстная диаграмма производственных процессов биотехнологического завода представлена на рисунке 18.

Как видно из рисунка 18, новый производственный процесс не подразумевает генерации каких-либо отходов. Помимо ключевых традиционных продуктов (беленой целлюлозы), комбинат производит ряд новых продуктов, добавляющих ему ценности. Таким образом, достигаются как экономические эффекты: значительное повышение рентабельности производства, дополнительные денежные потоки от продаж новых продуктов, внутрипроизводственная генерация энергетических ресурсов, снижение затрат на устранение экологических последствий; так и экологические: сокращение вредных выбросов в атмосферу и водоемы, снижение негативного влияния на биоту, снижение потребления ископаемого топлива, уменьшение количества отходов. Перечислим ключевые преимущества:

- новое производство позволит задействовать 100% лесного ресурса;
- около 70% производственных единиц будут вырабатывать возобновляемую энергию из отходов деревообработки и побочных производственных потоков;
- до 100% производственных единиц будут работать на возобновляемой биоэнергии;
- снижение выбросов CO₂;
- повышение энергоэффективности примерно на 10%;
- производственная мощность по генерации энергии может превосходить собственные нужды завода в 2,5 раза.

Основные отходы, возникающие в производстве – шлам зеленого щелока, зола от производства энергии и известковая зола от производства химической целлюлозы. Однако и эти потоки могут быть задействованы, как было показано выше. Побочные продукты могут поставляться партнерам для дальнейшей переработки и получения конечной продукции.

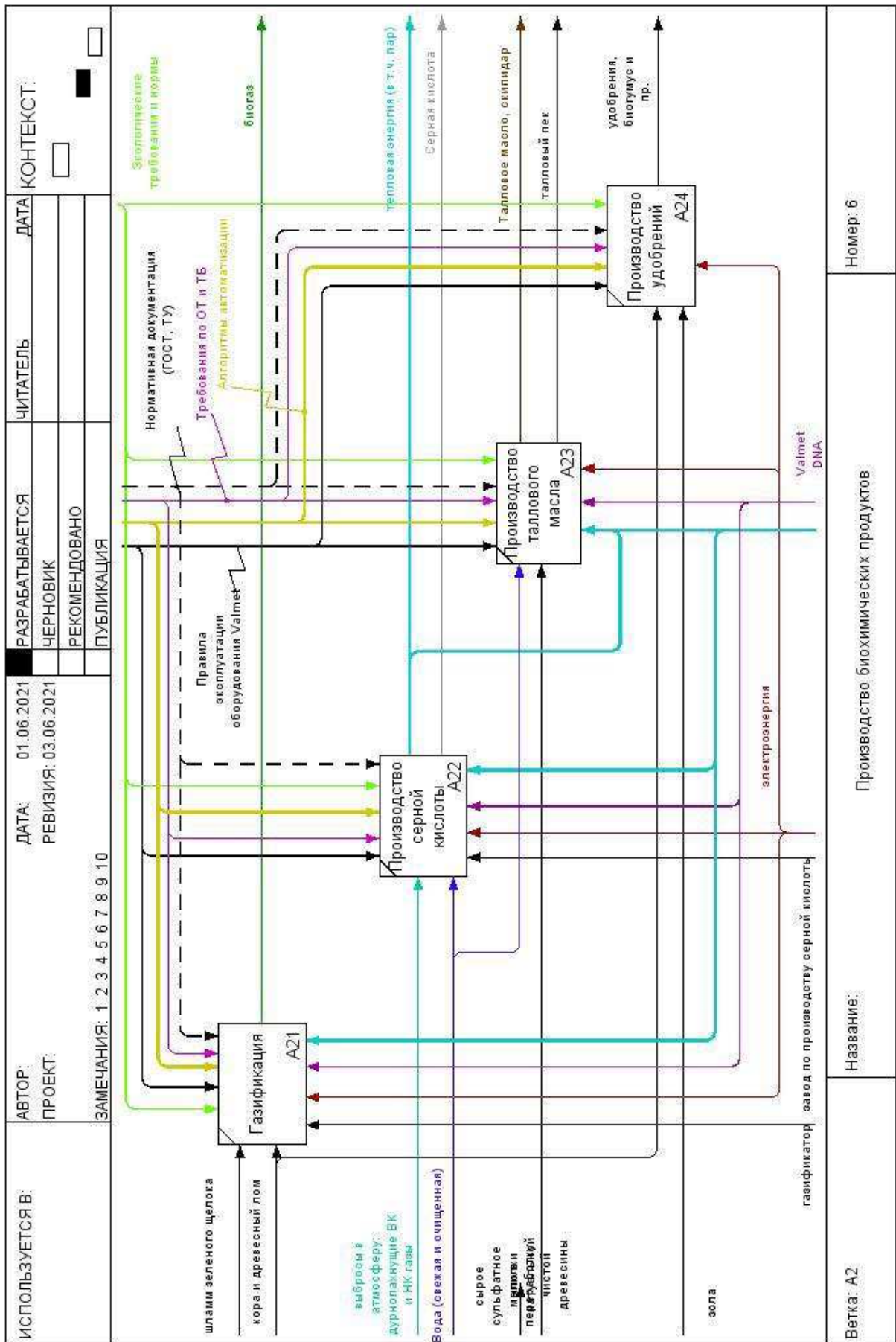
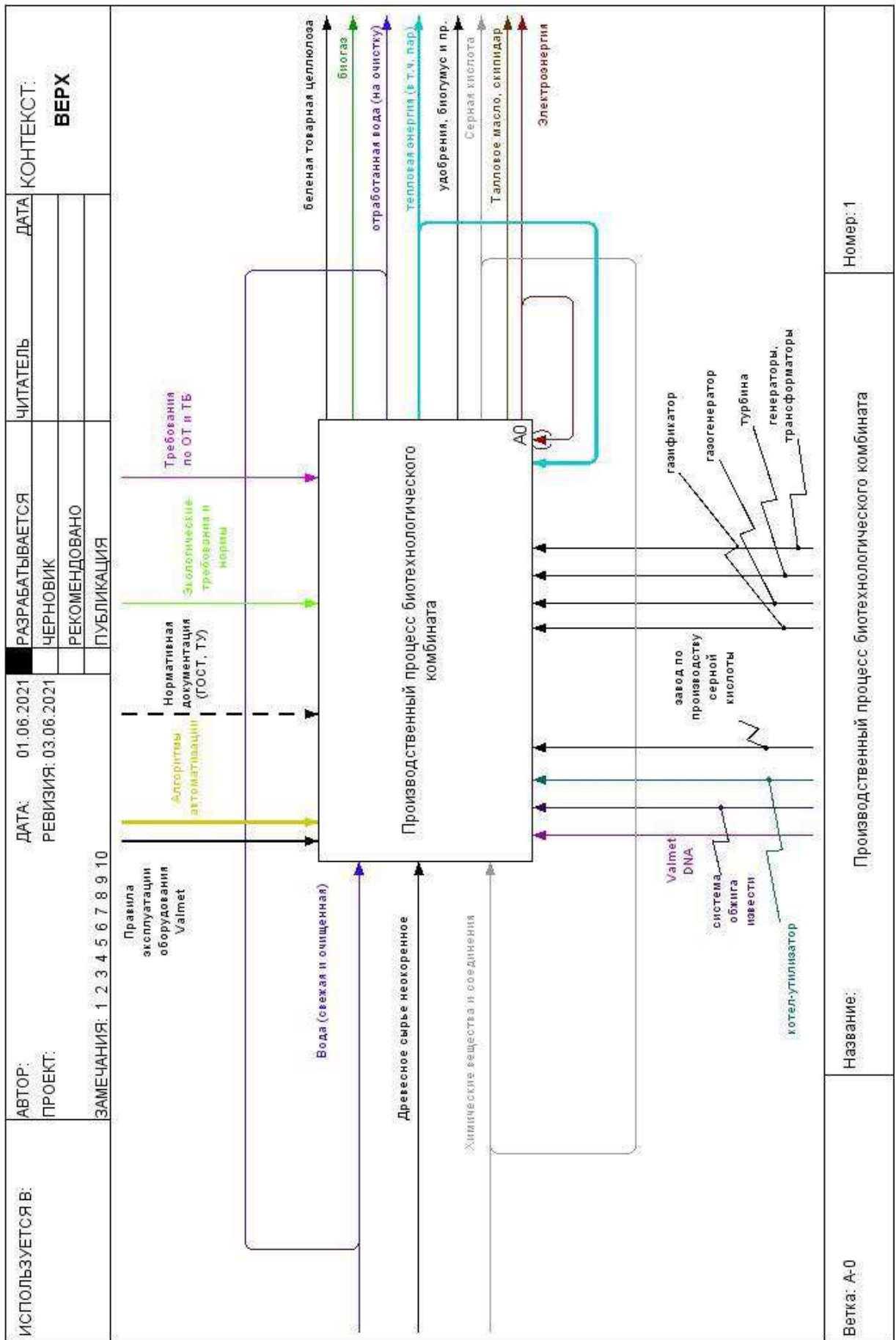


Рисунок 17 – Новые процессы добавления ценности



Номер: 1

Производственный процесс биотехнологического комбината

Название:

Ветка: A-0

Рисунок 18 – Производственный процесс биотехнологического комбината

3.3 Оценка факторов экологических рисков традиционной системы получения бленой сульфатной целлюлозы

Для того, чтобы оценить эффективность новой цепочки ценностей в контексте экологической безопасности строительства биотехнологического комплекса в городе Лесосибирске, представляется необходимым оценить основные источники экологических рисков, имеющих место при традиционном способе получения бленой сульфатной целлюлозы. Для этого определим основные виды неблагоприятного воздействия, возникающие при эксплуатации целлюлозно-бумажного предприятия.

Основные факторы целлюлозно-бумажного производства, оказывающие непосредственное влияние на состояние окружающей среды, по данным [49], следующие:

- высокие потребности в древесном сырье – для получения 1 т целлюлозы необходимо до 6 м³ древесины;
- высокая энергоёмкость – 2000 кВт/ч для получения 1 т целлюлозы;
- повышенная потребность в воде – до 350 м³ воды для получения 1 т отбеленной целлюлозы.

Ключевые факторы риска, возникающие в процессе производства бленой сульфатной целлюлозы, которые оказывают наибольшее неблагоприятное воздействие на окружающую среду, можно представить следующими четырьмя группами:

- сточные воды;
- атмосферные выбросы;
- отходы;
- шумовое загрязнение.

Рассмотрим каждую группу факторов по порядку.

Неочищенные сточные воды целлюлозно-бумажного комбината опасны, так как содержат в себе высокую концентрацию твердых взвешенных частиц, образующихся в основном за счет процессов варки, промывки, отбеливания целлюлозы; также они характеризуются высоким биохимическим (БПК) и химическим (ХПК) потреблением кислорода, что свидетельствует о наличии примесей органических веществ (таких как лигнины, фенолы, углеводы, метанол, скипидар, формальдегид, смоляные и жирные кислоты); также в воде присутствуют примеси неорганики (таблица 2). Из неорганических веществ (33%) в таких стоках содержится соли натрия (сульфаты, карбонаты и хлориды) и свободные щелочи [51].

В органическую составляющую сульфатных стоков (67%) входят [51]:

- оксикислоты и лактоны – 33%;
- фенолы, смоляные и жирные кислоты – 24%;
- лигнин – 36%.

Из физических и органолептических показателей сульфатных стоков можно отметить повышенную цветность, запах и высокие значения содержания сухого остатка.

Таблица 2 – Содержание вредных веществ в сточных водах сульфатного производства целлюлозы [52]

| | |
|---|----------|
| Взвешенные вещества, мг/л | До 340 |
| Содержание органической части взвешенных веществ, % | 68-70 |
| Плотный остаток, мг/л | 860-1960 |
| Содержание органической части плотного осадка, % | 58-74 |
| Сульфаты, мг/л | 61-293 |
| Окись натрия, мг/л | 93-155 |
| Сероводород, мг/л | 7,2 |

Объемы сточных вод при производстве беленой сульфатной целлюлозы достигают 250 м³ на тонну целлюлозы. При этом количество воды, которое после очистки возвращается в производство, составляет не более 5%.

Эффективность современных систем очистки сточных вод можно оценить следующим образом: степень очистки от летучих веществ составляет порядка 90% (максимально достижимое значение 92%), нелетучих фенолов порядка 80%, смоляных и жирных кислот на уровне 70%, лигнинных веществ на 60%, неорганических компонентов – на 10%. Таким образом, общая интегральная оценка качества воды составляет всего 40-65%. Очевидно, что существующие системы очистки стоков недостаточно эффективны, не отвечают всем требованиям и современным нагрузкам, вследствие чего не обеспечивается надлежащее качество очистки. При таком подходе производство целлюлозы сопряжено с высокими рисками загрязнения поверхностных и подземных вод. Требуется использование дополнительных этапов механической, биологической и химической очистки.

Все имеющиеся сведения о сбросах сточных вод и содержании в них вредных веществ указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка содержания в сточных водах ЦБК вредных веществ

| Параметр | Значение | Единица измерения |
|--|----------|-----------------------------|
| объем потребляемой воды | 350 | м ³ /т целлюлозы |
| Сбросы в воду | | |
| общий объем стоков | 250 | м ³ /т целлюлозы |
| | 250000 | л/т целлюлозы |
| взвешенные вещества | 340 | мг/л |
| | 85 | кг/т целлюлозы |
| из них органические вещ-ва | 69 | % |
| плотный остаток | 1410 | мг/л |
| | 352,5 | кг/т целлюлозы |
| из них органические вещ-ва | 66 | % |
| общий объем органических веществ | 291,3 | кг/т целлюлозы |
| Распределение органических веществ по компонентам: | | |

Окончание таблицы 3

| Параметр | Значение | Единица измерения |
|--|----------|-------------------|
| оксикислоты и лактоны | 33 | % |
| | 96,129 | кг/т целлюлозы |
| фенолы, смоляные и жирные кислоты | 24 | % |
| | 69,912 | кг/т целлюлозы |
| лигнин | 36 | % |
| | 104,868 | кг/т целлюлозы |
| общий объем неорганических веществ | 77,05 | кг/т целлюлозы |
| Распределение неорганических веществ по компонентам: | | |
| Сульфаты | 177 | мг/л |
| | 44,25 | кг/т целлюлозы |
| Окись натрия | 124 | мг/л |
| | 31 | кг/т целлюлозы |
| Сероводород | 7,2 | мг/л |
| | 1,8 | кг/т целлюлозы |
| Итоговое содержание вредных веществ: | | |
| до очистки | 437,5 | кг/т целлюлозы |
| после очистки (на уровне 65%) | 153,125 | кг/т целлюлозы |

Согласно Методике исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства [54], плата за тонну условного сброса вредных веществ органического и неорганического происхождения в водоемы составляет 443,5 руб./т.

Согласно данной методике, расчет величины экологического ущерба в денежном выражении определяется следующей формулой (1)

$$Y = K_{\text{вг}} * K_{\text{в}} * K_{\text{ин}} * \sum_{i=1}^n H_i * M_i * K_{\text{из}} \quad (1)$$

где Y - размер вреда, тыс.руб.;

$K_{\text{вг}}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов);

$K_{\text{ин}}$ – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития;

H_i – тарифы для исчисления размера вреда от сброса i -го вредного (загрязняющего) вещества в водные объекты;

M_i – масса сброшенного i -го вредного (загрязняющего) вещества определяется по каждому загрязняющему веществу;

$K_{\text{из}}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект.

Коэффициент, учитывающий инфляционную составляющую, принимается равным накопленному к текущему году индексу цен по отношению к 2007 году. Этот параметр был рассчитан по данным таблицы 4.

Таблица 4 – Расчет индекса цен [составлено по данным 55]

| Год | Индекс цен (в процентах к предыдущему году) | Рост цен по отношению к 2007 году |
|------|---|-----------------------------------|
| 2020 | 4,90% | 247% |
| 2019 | 3,00% | 235% |
| 2018 | 4,30% | 229% |
| 2017 | 2,50% | 219% |
| 2016 | 5,40% | 214% |
| 2015 | 12,90% | 203% |
| 2014 | 11,36% | 180% |
| 2013 | 6,45% | 161% |
| 2012 | 6,58% | 152% |
| 2011 | 6,10% | 142% |
| 2010 | 8,78% | 134% |
| 2009 | 8,80% | 123% |
| 2008 | 13,28% | 113% |
| 2007 | 11,87% | 100% |

Таким образом, прирост цен составил 147%, или 1,47 в долях единицы.

Коэффициент, учитывающий степень негативного воздействия вредных веществ на водные объекты, рассчитывается исходя из кратности превышения концентрации вредного вещества в сточных водах по отношению к концентрации в водоеме. При превышении до 10 раз коэффициент принимает значение 1.

Так как расчет потенциального вреда является плановым, значение коэффициента, отражающего природно-климатическую специфику времени года, принимаем равным 1.

Согласно методике [54], значение коэффициента, отражающего состояние водных объектов, для вод бассейна реки Енисей составляет 1,36.

Коэффициент длительности негативного воздействия определяется исходя из количества часов, прошедших с момента начала ликвидации последствий сброса вредных веществ до полной остановки сброса. Так как в данном случае ведется расчет плановых значений, этот коэффициент также принимаем равным 1.

Таким образом, применяя формулу (1), получаем размер ущерба для окружающей среды от сбросов вредных веществ в водоемы с учетом всех допущений в денежном эквиваленте:

$$Y = 1 * 1,36 * 1,47 * 443,5 * 0,153 * 1 = 135,77 \text{ (руб/т целлюлозы)}$$

Таким образом, ущерб составляет порядка 136 рублей на тонну производимой целлюлозы.

Вторым по значимости с точки зрения нанесения ущерба окружающей среде является фактор риска, связанный с выбросами в атмосферу. Основные источники загрязнения – это технологические установки, непосредственно

участвующие в производственном процессе получения белой сульфатной целлюлозы, а также вспомогательные установки утилизации отходов, генерации тепла и электроэнергии.

Основной проблемой целлюлозно-бумажной промышленности являются выбросы серных соединений, образующиеся при производстве целлюлозы, на долю которых приходится порядка 27% загрязнения (сероводород, метилмеркаптан, диметилсульфид, диметилдисульфид), которые имеют специфический неприятный запах (дурнопахнущие газы). Также выбросы в атмосферу содержат оксид и диоксид углерода (на долю которого приходится около 30%), оксиды азота (7%).

Существенный вклад в выбросы в атмосферу вносят регенерационные котлы. Для них характерно наличие диоксидов серы и взвешенных твердых веществ, летучих органических соединений, метана.

В рамках процесса обжига извести генерируются выбросы NO_x , SO_2 и твердых частиц.

Если предприятие производит сжигание части отходов (коры и других древесных отходов), возможны выбросы в атмосферу летучих органических соединений.

Также необходимо отметить, что вклад в атмосферные выбросы вносит не только технологическое оборудование, но также паровые и энергетические установки, а также системы сжигания отходов, выбрасывающие в атмосферу топочные газы, твердые частицы, соединения серы и оксиды азота.

Информация об объемах выбросов в атмосферу вредных веществ представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Выбросы в атмосферу при сульфатном способе получения целлюлозы

| Выбросы в атмосферу | Концентрация | | Единица измерения |
|---|--------------|---------------|-------------------|
| | до очистки | после очистки | |
| Производство небеленой сульфатной целлюлозы | | | |
| Метилмеркаптан | 0,011 | 0,73 | кг/т целлюлозы |
| Сероводород | 0,054 | | кг/т целлюлозы |
| Диметилсульфид | 1,36 | | кг/т целлюлозы |
| Диметилдисульфид | 1,15 | | кг/т целлюлозы |
| Диоксид серы | - | 1,12 | кг/т целлюлозы |
| Оксиды азота | - | 0,004 | кг/т целлюлозы |
| Регенерация химикатов | | | |
| Диоксид серы | 0,894 | 0,356 | кг/т целлюлозы |
| Оксиды азота | 2,077 | 1,039 | кг/т целлюлозы |
| Пыль от процесса регенерации щелока | 124,8 | 1,29 | кг/т целлюлозы |
| Сероводород | 0,325 | 0,065 | кг/т целлюлозы |
| Пыль от процесса регенерации извести | 4,4 | 0,4 | кг/т целлюлозы |
| Генерация тепловой энергии | | | |
| Диоксид серы | 0,0018 | 0,54 | кг/т целлюлозы |
| Оксиды азота | 0,23 | 0,45 | кг/т целлюлозы |
| Зола | 4,4 | 1,22 | кг/т целлюлозы |

Окончание таблицы 5

| Выбросы в атмосферу Производство небеленой сульфатной целлюлозы | Концентрация | | Единица измерения |
|---|---------------|------------------|----------------------|
| | до очистки | после очистки | |
| Выбросы ПГ в СО ₂ -экв. | 2200 | | кг/т целлюлозы |
| Итого по серным газам | 0,002811 | | т/т целлюлозы |
| Итого по азотным газам | 0,001493 | | т/т целлюлозы |
| Итого твердых взвешенных веществ | 0,00291 | | т/т целлюлозы |
| Итого парниковых газов | 2,2 | | т/т целлюлозы |

Методика оценки негативных последствий от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу определена в ГОСТ [56]. Согласно данной методике, оценка воздействия в денежном эквиваленте рассчитывается по формуле (2):

$$B = \sum_{i=1}^n H_i M_i K_{If} + P_0 \quad (2)$$

где H_i – коэффициент для вычисления размера ущерба, нанесенного выбросами загрязняющих веществ, зависящий от отрасли, к которой относится промышленное предприятие, руб./т;

M_i – масса i -го загрязняющего вещества по каждому загрязняющему веществу, т;

K_{If} – показатель, учитывающий инфляцию, вычисляемый по формуле (3);

P_0 – затраты на установление факта нанесения ущерба и оценку размера негативного воздействия, руб.;

i – загрязняющее вещество;

n – количество загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

$$K_{If} = 1 + \frac{If_y}{100} \quad (3)$$

где If_y – уровень инфляции, установленный на федеральном уровне на год исчисления размера ущерба.

Так как реальный мониторинг не проводился, значение затрат P_0 установим равным нулю.

По данным Росстата, итоговый уровень инфляции за 2020 год составил 4,9%. Тогда значение коэффициента учета инфляции согласно формуле (3) составит 1,049.

Значения размеров ущерба, нанесенного выбросами загрязняющих веществ в атмосферу для целлюлозно-бумажной промышленности, представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Коэффициенты расчета размеров ущерба для ЦБК, тыс. руб/т [56]

| Отрасли, производства | Взвешенные вещества | Группа загрязняющих веществ | | | | | |
|---|---------------------|-----------------------------|------|-----------------|--------------|-----------------------------|-----------------|
| | | SO ₂ | CO | NO _x | Углеводороды | Вещества I класса опасности | Другие вещества |
| Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажное производство | 96,0 | 96,0 | 63,0 | 93,0 | 92,0 | 4991,0 | 62,0 |

Выбросы парниковых газов в России регулируются с помощью продажи квот на выбросы. Стоимость фьючерса за метрическую тонну CO₂ эквивалента составляет порядка 50 евро, или 4451,26 рублей.

Используя данные таблиц 5 и 6, согласно формуле (3), оценка величины экологического ущерба от выбросов вредных веществ в атмосферу составляет 10480,84 рублей с каждой произведенной тонны белой сульфатной целлюлозы.

Также предприятия целлюлозно-бумажной промышленности характеризуются существенными объемами в основном безопасных отходов. К ним относятся кора и кородревесные отходы, шламы от очистки сточных вод, зола и шлак от котельных. Чаще всего зола и шлак складированы в золоотвалах, окруженных дренажной канавой, кородревесные отходы складированы на короотвалах. Их утилизация затруднена в связи с высокой влажностью отходов, что делает неэффективным их сжигание, так как затрачивает больше топлива и энергии, чем получает после переработки. Объемы отходов целлюлозно-бумажных предприятий в расчете на одну тонну показаны в таблице 7.

Таблица 7 – Объемы отходов в расчете на одну тонну продукции

| Твердые отходы | | |
|---|-------|----------------|
| Отходы обработки древесины | 464,5 | кг/т целлюлозы |
| Древесные отходы процесса сортирования целлюлозы | 8,8 | кг/т целлюлозы |
| Минеральные отходы процесса сортирования | 2,3 | кг/т целлюлозы |
| Отходы процесса приготовления и регенерации химических реагентов, в том числе шлам от зачистки оборудования | 12,2 | кг/т целлюлозы |
| Ил и осадки биологических очистных сооружений хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод | 35 | кг/т целлюлозы |

Отходы ЦБК в основном относят к IV-V классам опасности, так как сами по себе они не токсичны и не требуют особого обращения. Однако в результате образования больших объемов отходов происходит негативное воздействие на окружающую среду в результате захламления земель и увеличения площадей, отводимых под места размещения отходов. Оценка ущерба окружающей среде от размещения 1 тонны отходов IV-V классов в денежном выражении, в зависимости от территории, определена в методике [57]. Показатель удельного ущерба для Красноярского края составляет 134 рубля за тонну отходов в цена 1999 года. Уровень инфляции в сравнении с 1999 годом составляет 869,1%, следовательно, коэффициент пересчета составит 8,69.

Таким образом, ущерб окружающей среде от складирования отходов в денежном выражении составляет 608,78 рублей на тонну производимой целлюлозы.

Также важно отметить, что предприятия целлюлозно-бумажной промышленности производят значительное шумовое загрязнение, вызванное большим количеством различных машин и механизмов, транспортных средств, высокого энергопотребления.

Итоговое значение экологического ущерба в денежном выражении рассчитывается как сумма значений ущерба по каждому природному ресурсу (вода, воздух, почва). Итоговое значение ущерба можно оценить в 11 225,38 рублей с каждой произведенной тонны блененной сульфатной целлюлозы. Учнтывая, что проектная мощность комбината в Лесосибирске составляет 700 000 тонн в год, величина экологического ущерба составит более 7,5 миллиардов рублей.

Целлюлозное производство требует больших объемов энергии и тепла. На одну тонну целлюлозы расходуется в среднем 15 ГДж тепловой энергии и 0,5 МВт электрической. Высокая энергоемкость является негативным фактором, так как способствует увеличению объемов потребляемого топлива (как правило, ископаемого природного газа и угля).

3.4 Оценка эффективности мероприятий добавления ценности в контексте экологической безопасности

По выявленному перечню негативных воздействий на окружающую среду от традиционной технологии получения блененной сульфатной целлюлозы проведем оценку эффективности предлагаемых мероприятий по модернизации завода в городе Лесосибирске из целлюлозно-бумажного предприятия в биотехнологический комбинат. Для этого необходимо провести оценку степени снижения выраженности перечисленных факторов риска. Оценка 90% доверительных интервалов в отношении достигаемых эффектов от внедрения оборудования компании Valmet производилась на основании данных о достигнутых эффектах на ряде заводов различных стран мира:

- Stora Enso, Финляндия;
- Domtar, США;
- RISE LignoDemo Швеция;
- Klabin, Бразилия;
- Huanggang Chenming Pulp Mill, Китай;
- Metsä Group Bioproduct Mill, Äänekoski, Финляндия;
- OKI Pulp & Paper Mills, Индонезия;
- GoBiGas demonstration plant, Швеция;
- Lahti Energia Oy, Финляндия;
- Vaskiluodon Voima Oy, Vaasa, Финляндия.

Использование замкнутых циклов водооборота позволяет снизить объемы забора свежей воды из водоемов в диапазоне от 8% до 19%. Рециркулирование

воды в производственном цикле позволяет существенно снизить объемы сточных вод – в среднем на 40%. Системы биологической очистки воды позволяют достичь степени очистки 90-98%, в результате чего в воду попадает лишь незначительное количество фосфора и органических соединений.

Системы очистки выбросов в атмосферу также позволяют достичь значимых результатов. Пылеулавливающий фильтр Valmet позволяет достичь значения в диапазоне 2-10 мг взвешенных веществ на тонну продукции. В свою очередь, мокрая очистка дымовых газов является эффективным способом снижения выбросов в дымовых газах почти до нулевых уровней SO₂, HCl и NH₃. Выбросы метилмеркаптана снижаются на 50%, а сероводорода на 80 %. Решения для снижения выбросов оксидов азота (NO_x) позволяют достичь уменьшения выбросов в зависимости от конструкции и нагрузки котла в диапазоне от 20% до 70%.

Важно отметить также возможность снижения выбросов парниковых газов от сжигания ископаемого топлива. Ввиду использования биогаза и биомассы в качестве топлива для получения различных видов энергии, которые получены из древесного сырья и имеют более низкий углеродный след, объемы CO₂ эквивалента снижаются. Однако оценить степень снижения объемов выбросов по аналогичным проектам не представляется возможным, так как большинство европейский и американских заводов работают в условиях более жестких нормативов, чем Россия, в связи с чем изначальные выбросы CO₂ для таких заводов меньше, и степень их снижения варьируется в диапазоне 35-48%. Поэтому для оценки степени снижения выбросов от использования биотоплива были использованы результаты исследования [58], согласно которым при сжигании биогаза выделяется в 14,5 раз меньше углекислого газа. При этом установлено, что для получения КПД, эквивалентного сжиганию 1 тонны природного газа, необходимо сжечь 1,25 тонн биогаза. С учетом данной пропорции уменьшение выбросов CO₂ достигает 90%.

Отходы планируется утилизировать путем газификации коры и сжигания в котле-утилизаторе с целью получения биотоплива и энергии. Максимальная производительность газификаторов Valmet позволяет утилизировать 250 000 тонн коры в год, при том что завод будет генерировать порядка 325 000 тонн кородревесных отходов. Остальная часть может быть утилизирована путем сжигания. Таким образом, объем утилизируемых отходов составит от 85% до 100%.

Таким образом, ключевые факторы риска и их вероятностные характеристики показаны в таблице 8.

Для определения степени снижения влияния факторов риска, и как следствие – величины ущерба окружающей среде в денежном эквиваленте, данные величины были смоделированы как подчиняющиеся нормальному закону распределения вероятностей, с наиболее ожидаемым значением и среднеквадратичным отклонением, показанным в таблице 9.

Далее для получения оценки величины снижения факторов риска, было проведено имитационное моделирование изменения степени снижения ущерба в соответствии с вероятностными распределениями факторов риска.

Моделирование проводилось в среде моделирования Crystall Ball компании Oracle. Количество проводимых испытаний имитации установлено на 100 000 повторов.

Таблица 8 – Параметры вероятностного распределения факторов риска

| Фактор риска | Значение по базовому сценарию | Единица измерения | Диапазон значений вариации | Максимальное значение | Минимальное значение | Среднее арифметическое | Стандартное отклонение |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| объем потребления мой воды | 350 | м3/т целлюлозы | 8-19% | 322 | 283,5 | 302,75 | 5,851064 |
| общий объем стоков | 250 | м3/т целлюлозы | 30-40% | 175 | 150 | 162,5 | 3,799392 |
| Качество очистки воды | 65% | кг/т целлюлозы | 90-98% | 98% | 90% | 94% | 1,22% |
| Метилмер каптан | 0,003 | кг/т целлюлозы | 40-50% | 0,001871 | 0,001559 | 0,001715 | 4,74E-05 |
| Сероводо род | 0,080 | кг/т целлюлозы | 70-80% | 0,024093 | 0,016062 | 0,020077 | 0,00122 |
| Диоксид серы | 2,016 | кг/т целлюлозы | 90-95% | 0,2016 | 0,1008 | 0,1512 | 0,015319 |
| Азотные газы | 1,493 | кг/т целлюлозы | 20-70% | 1,1944 | 0,4479 | 0,82115 | 0,11345 |
| Взвешенные вещества | 2,91 | кг/т целлюлозы | 2-10 мг | 0,000002 | 0,00001 | 0,000006 | -1,2E-06 |

Окончание таблицы 8

| Фактор риска | Значение по базовому сценарию | Единица измерения | Диапазон значений вариации | Максимальное значение | Минимальное значение | Среднее арифметическое | Стандартное отклонение |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| Выбросы ПГ в CO ₂ -экв. | 2200 | кг/т целлюлозы | 80-90% | 440 | 220 | 330 | 33,43465 |
| Твердые отходы | 0,523 | т/т целлюлозы | 85-100% | 0,07842 | 0 | 0,03921 | 0,011918 |

Результат моделирования показан на рисунке 19. По завершению моделирования можно получить график распределения вероятности итогового значения снижения ущерба окружающей среде.

Как видно из рисунка 19, математическое ожидание сокращения ущерба окружающей среде в денежном эквиваленте находится на уровне 85%. Следовательно, вероятнее всего ущерб окружающей среде после внедрения мероприятий по модернизации завода в городе Лесосибирске сократится на 85%. Также можно оценить 90% доверительный интервал для данной величины

Как видно из рисунка 26, 90% доверительный интервал имеет границы от 83% до 87%. Значит, с вероятностью 90% значение снижения ущерба окружающей среде будет находиться в данном диапазоне.

По полученным данным можно сделать вывод, что запланированные мероприятия по модернизации целлюлозно-бумажного комбината в биотехнологический будут эффективными с экологической точки зрения. Реализация технологических линий, помимо добавленной стоимости предприятия, оказывает положительное воздействие на экологию. Негативное воздействие удастся сократить на значимую величину. С учетом возможных отклонений от запланированных значений снижения ущерба по различным природным ресурсам, доверительный интервал охватывает диапазон снижения на (83%;87%) в денежном эквиваленте.

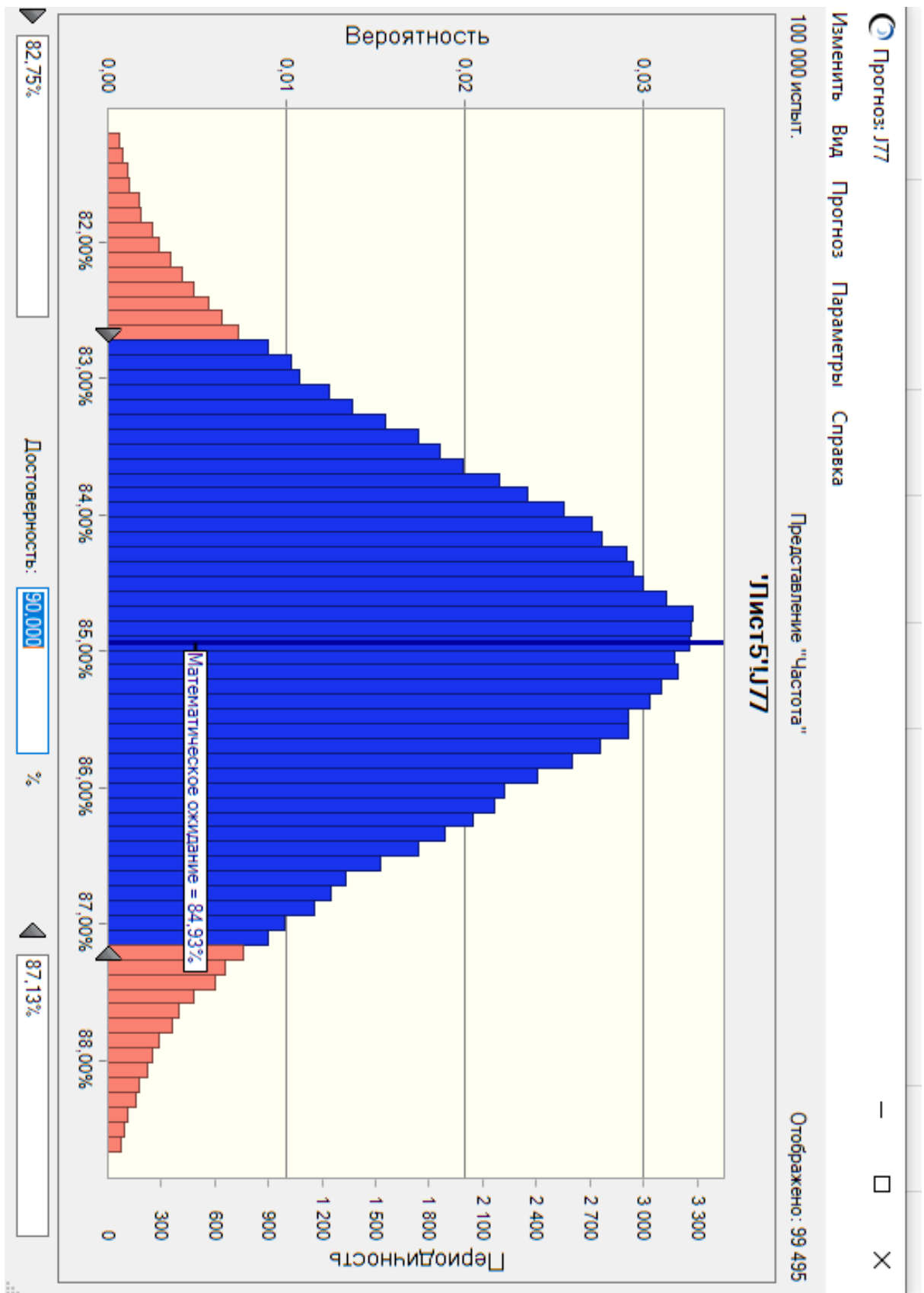


Рисунок 19 – Распределение вероятностей и математическое ожидание сокращения ущерба окружающей среде

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения магистерской диссертации была сформирована новая цепочка ценностей в контексте экологической безопасности создания биотехнологического комбината в городе Лесосибирске.

В рамках исследования было установлено, что приоритетной стратегией, обеспечивающей конкурентоспособность, является стратегия непрерывного вывода на рынок инноваций. Основу теории конкурентных преимуществ составляет теория цепочки формирования ценности Майкла Портера.

Были рассмотрены различные подходы к определению понятия риск, а также приведено определение, наиболее отвечающее целям исследования. В данном контексте риск рассматривается как возможность возникновения ситуации, последствия которой воспринимаются как неблагоприятные с точки зрения лица, принимающего решение.

Также были проанализированы различные подходы к определению понятия риск. Установлено, что единого понимания такой категории в отечественной литературе не сформировано. Установлена принципиальная значимость процедуры оценки экологического риска при планировании стратегии инновационного развития любого бизнеса, игнорирование которой может привести к ряду проблем, в том числе финансового характера.

В рамках проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны региона, а также возможности, освоение которых позволит нивелировать слабые стороны и сформировать новые конкурентные преимущества, угроз, препятствующих освоению возможностей и нивелированию слабых сторон. По результатам SWOT-анализа было сделано заключение о высоком потенциале края в сфере деревообрабатывающей промышленности. Наличие в регионе существенных запасов лесных ресурсов, а также материально-производственной базы и инфраструктуры, позволяет вывести деревообработку в ранг ключевых отраслей экономики региона.

Далее были рассмотрены традиционные технологические процессы целлюлозно-бумажной промышленности, формирующие ту часть цепочки создания ценности, которая относится к технологическим операциям. Для целей исследования производственные процессы были формализованы в виде модели в нотации IDEF0. Определены слабые места технологии, в первую очередь заключающиеся в формировании больших объемов твердых, жидких и газообразных отходов. Установлено, что отходы производства могут стать новыми элементами в цепочке создания ценности.

С учетом выявленных возможностей трансформации цепочки создания ценности, используя инновационные разработки компании Valmet, была спроектирована схема нового биотехнологического комплекса, концептуальную основу которой составил завод в Финляндии, являющийся на сегодняшний день, самым экологичным, энергоэффективным и рентабельным. Ключевыми элементами, обеспечивающими модернизацию процесса, являются котел-утилизатор (утилизует твердые и газообразные отходы, которые в результате сгорания генерируют тепло для производства технологического пара и горячей

воды), установка газификации коры, которая позволяет получать биогаз из кородревесных отходов, завод по производству серной кислоты из дурнопахнущих газов, а также печь для повторного обжига извести, работающая на биотопливе, обеспечивающая рециркуляцию химических веществ в рамках процесса. Кроме того, предложено внедрить систему автоматического управления предприятием с целью повышения эффективности и безопасности производства.

Сформированная производственная линия позволила смоделировать новые процессы формирования ценности за счет внедрения дополнительных потоков создания стоимости, использующих в качестве сырья отходы основного производства и побочные потоки. Такой подход позволяет свести к минимуму отходы производства и при этом позволяет предприятию сформировать несколько дополнительных источников дохода.

Степень снижения ущерба окружающей среде была оценена по трем природным ресурсам: вода, воздух, почва. С помощью имитационного моделирования было установлено, что запланированные мероприятия модернизации завода позволяют снизить ущерб на 85% с наибольшей достоверностью.

Таким образом, была создана цепочка создания ценности, в которой древесное сырье используется максимально эффективно. Все побочные потоки производства используются либо для производства биопродуктов для дальнейшей поставки, либо для производства биотоплива для последующей генерации энергии в производственном цикле. Такой подход позволяет существенно сократить выбросы вредных веществ, что приводит к получению экономических и экологических решений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия социально-экономического развития Красноярского края до 2030 года [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Красноярского края №647-п от 30.10.2018 // Сайт Министерства экономики и регионального развития Красноярского края. – Режим доступа: http://www.econ.krskstate.ru/dat/bin/art_attach/11637_647_p.pdf.
2. Ляпина, С.Ю. Формирование методологии управления рисками инновационного развития организаций : дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / Ляпина Светлана Юрьевна. – Москва, 2007. – 359 с.
3. Шумпетер, Й.А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / Й.А. Шумпетер. – Москва: Эксмо, 2007. – 864 с.
4. Porter, Michael E. The Competitive Advantage of the Inner City / Michael E. Porter // Harvard Business Review. – 1995. – №6. – P. 55- 71.
5. Porter, Michael E. The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance / Michael E. Porter. – New York: Free Press, 1985. – 558 p.
6. Юлдашева, О.У. Методология организации бизнеса на основе цепочки по созданию потребительской ценности / О.У. Юлдашева, С.В. Никифорова, С.Ю. Полонский // Вестник СПбГУ. – 2007. – Сер. 8, вып. 2. – С. 32-48.
7. Основы бизнес-анализа: учебное пособие. – Москва: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013. - 122 с.
8. Крохичева, Г.Е. Стратегический анализ видов деятельности в разрезе функций [Электронный ресурс] / Г.Е. Крохичева, С.В. Романова // Интернет журнал Науковедение. – 2012. – №3. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/sbornik12/12-71.pdf>.
9. Минцберг, Г. Стратегический процесс / Г. Минцберг, Дж. Купи, С. Гошал. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. -688 с.
10. Альгин, А.П. Грани экономического риска /А.П. Альгин. – Москва: Знание, 1991. – 64 с.
11. Страхование дело: учебник / под ред. Л. И. Рейтмана. – Москва: Банковский и биржевой научно-консультационный центр, 1992. – 524 с.
12. Глазунов, В.Н. Финансовый анализ и оценка риска реальных инвестиций / В.Н. Глазунов. – Москва: Финстатинформ, 1997. – 135 с.
13. Глущенко, В. В. Управление рисками. Страхование / В.В. Глущенко. – Железнодорожный, МО: ТОО НПЦ «Крылья», 1999. – 336 с.
14. Риски в современном бизнесе / П.Г. Грабовый [и др.]. – Москва: «Алане», 1994. – 237 с.
15. Дубров, А.М. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе / А.М.Дубров, Б.А. Лагоша, Е.Ю. Хрусталева. – Москва: Финансы и статистика, 1999. – 173 с.
16. Медынский, В.Г. Инновационное предпринимательство / В.Г. Медынский, Л.Г. Шаршукова. – Москва: ИНФРА-М, 1997. – 240 с.
17. Стоянова, Е.С. Финансовый менеджмент: Российская практика / Е.С. Стоянова. – Москва: Перспектива, 1994. – 194 с

18. Балабанов, И.Т. Риск-менеджмент / И.Т. Балабанов. – Москва: Финансы и статистика, 1996. – 188 с.
19. Хохлов, Н.В. Управление риском / Н.В. Хохлов. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 239 с.
20. Цай, Т. Н. Конкуренция и управление рисками на предприятиях в условиях рынка / Т. Н. Цай, П. Г. Грабовый, Б. Марашда. – Москва: Изд-во «Аргоне», 1997.
21. McCartney, Matthew. Improving the Implementation of Environmental Impact Assessment Follow-up / Matthew McCartney, Wubneh Abebe, Wim Douven, Jan Leentvaar // Addressing Water, Food and Poverty Problems. - 2013 . - №6 . – С.343-350.
22. Дмитриев, В.Г. К вопросу о понятии экологического риска. Аналитический обзор публикаций / В.Г. Дмитриев // Арктика и Север. – 2013. - №13. – С.169-188.
23. Медведева, С.А. Экологический риск. Общие понятия, методы оценки / С.А. Медведева // XXI ВЕК. Техносферная безопасность. – 2016. – №1. – С. 67-81.
24. Ваганов, П.А. Экологические риски: учеб. пособие / П.А. Ваганов, Им Ман-Сунг. – Изд-е 2-е. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2001. – 152 с.
25. Давыдова, Р.П. Понятия, признаки, критерии, виды и особенности экологических рисков / Р.П. Давыдова // Управление рисками. – 2002. – № 3. – С. 36–45.
26. Практические рекомендации по оценке экологических рисков / С. Борцова [и др.]. – Бишкек: ОБСЕ в Европе, 2015. – 130 с.
27. Дмитриев, В.Г. Оценка экологического риска. Аналитический обзор публикаций / В.Г. Дмитриев // Арктика и Север. – 2014. – №14. – С. 126-147.
28. Об экологической экспертизе [Электронный ресурс]: федер. закон от 23.11.1995 №174-ФЗ // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
29. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: федер. закон от 10.01.2002 №7-ФЗ // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
30. Енисейская Сибирь: инвестиционный паспорт [Электронный ресурс]: официальный сайт корпорации развития «Енисейская Сибирь». – Режим доступа: <https://ensib.ru/>
31. Валовой региональный продукт Красноярского края [Электронный ресурс]: официальный сайт Управление Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва. – Режим доступа: <https://krasstat.gks.ru/folder/93559>.
32. Оценка численности постоянного населения на 1 января 2021 г. и в среднем за 2020 г. [Электронный ресурс]: официальный сайт Управления Федеральной службы государственной статистики. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>.


33. Челпанова, М. Красноярский край в цифрах [Электронный ресурс]: электронный журнал профессионалов ЛПК // ЛесПромИнформ. – 2008. – №9 (58). – Режим доступа: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=28>
34. Особенности экономики региона [Электронный ресурс]: сайт Союза «Центрально-Сибирская торгово-промышленная палата». – Режим доступа: <https://krasnoyarsk.tpprf.ru/ru/region/economy/>
35. Современный Красноярский край [Электронный ресурс]: Красноярский край. Официальный портал. – Режим доступа: <http://www.krskstate.ru/about/kray>.
36. Путеводитель по бюджету красноярского края – 2021 [Электронный ресурс]: официальный сайт Министерства финансов Красноярского края. – Режим доступа: <http://minfin.krskstate.ru/dat/File/10/Putevoditel%202021%20sayt.pdf>.
37. Уровень жизни населения Красноярского края [Электронный ресурс]: официальный сайт Управления Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва. – Режим доступа: <https://krasstat.gks.ru/folder/32917>
38. Доклад о состоянии и развитии конкурентной среды на рынках товаров, работ и услуг Красноярского края в 2020 году [Электронный ресурс]: официальный сайт Министерства экономики и регионального развития Красноярского края. – Режим доступа: <http://econ.krskstate.ru///investpol//inic//rksap//page14942>
39. ИТС 1-2015 Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. – Введ. 01.07.2016. – Москва: Бюро НДТ, 2015. – 479 с.
40. Гелес, И.С. Древесное сырье - стратегическая основа и резерв цивилизации / И.С. Гелес. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 499 с.
41. Окорка древесины. Станки и производители. [Электронный ресурс]: портал «ПроДерево». – Режим доступа: <https://proderevo.net/industries/sawmilling/tekhnologii-lesopileniya/okorka-drevesiny-stanki-i-proizvoditeli.html>
42. Григорьев, И. Совершенствование технологии механической окорки лесоматериалов [Электронный ресурс] / И. Григорьев, А. Гулько: электронный журнал профессионалов ЛПК // ЛесПромИнформ. – 2011. – №6 (60). – Режим доступа: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=2395>
43. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. – В 3-х томах. Том 1. Часть 3 – Санкт-Петербург: ЛТА, 2005. – 315 с.
44. Александров, А.В. Оборудование ЦБП. Часть I. Основное оборудование для производства целлюлозы / А.В. Александров, А.А. Гаузе, В.Н. Гончаров. – Санкт-Петербург: СПбГТУРП, 2014. – 90 с.
45. Севастьянова, Ю.В. Производство сульфатной целлюлозы. Состав варочного раствора, его показатели. Факторы процесса. Технологические схемы периодической, непрерывной варки. Модификации сульфатной варки [Электронный ресурс]: конспект лекций. – Режим доступа: http://y-sevastyanova.narod.ru/olderfiles/1/Lekcciya_3_2012.pdf

46. Иванов, Ю.С. Производство сульфатной целлюлозы: учебное пособие / Ю.С. Иванов. – Санкт-Петербург: ГОУВПО СПбГУРП, 2010. – 79 с.
47. Next-generation bioproduct mill in Äänekoski [Электронный ресурс]: Metsä Fibre. – Режим доступа: <https://www.metsafibre.com/en/about-us/Pages/Bioproduct-mill-concept.aspx>
48. Technologies, services and automation for pulp [Электронный ресурс]: Valmet Forward. – Режим доступа: <https://www.valmet.com>.
49. Калыгин, В.Г. Промышленная экология: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.Г. Калыгин. – Москва: Издательский центр «Академия», 2004. – 432 с.
50. Методическое пособие по аналитическому контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу / В.В. Цибульский [и др.]. – Санкт-Петербург, НИИ Атмосфера, 2012. – 57 с.
51. Отраслевые решения. Целлюлозно-бумажное производство [Электронный ресурс]: НПО «ЭкоВодИнжиниринг». – Режим доступа: <http://www.npo-ewi.ru/solutions/pulp-and-paper-production/>.
52. МУ 309-59 Методические указания по санитарной охране водоемов от загрязнения сточными водами целлюлозно-бумажной промышленности. – Введ. 29.12.1978 №1958-а-78. – Москва: Типография Министерства здравоохранения СССР, 1980. – 40 с.
53. Пособие для природопользователей по вопросам охраны окружающей среды [Электронный ресурс]: электронное издание / Н.Д. Сорокин [и др.]. – Санкт-Петербург: ООО «КОСМОС», 2013. – Режим доступа: http://www.ecoprofi.info/docs/book_environment_protection_ru_2013-05-01.pdf
54. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства [Электронный ресурс]: приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 13.04.2009 года №87; с изм. от 26.08.2015 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
55. Инфляция на потребительском рынке [Электронный ресурс]: Центральный банк Российской Федерации. – Режим доступа: https://cbr.ru/statistics/ddkp/macro_sub/.
56. ГОСТ Р 56167-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета ущерба от промышленного предприятия объектам окружающей среды. – Введ. 01.07.2015. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
57. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба [Электронный ресурс]: протокол заседания секции «Экономика охраны окружающей среды» научно-технического совета Госкомэкологии России от 18.12.1998 №2 // Информационная система МЕГАНОРМ. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294849/4294849569.htm>.
58. Бельская, Г. В. Использование биогазовых технологий для снижения воздействия на атмосферный воздух / Г. В. Бельская, Е. В. Зеленуха // Промышленная экология : сборник трудов Международной научно-технической конференции, 27-28 октября 2015 г. – Минск : БНТУ, 2015. – С. 25-28.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт инженерной физики и радиоэлектроники
Кафедра экспериментальной физики и инновационных технологий

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


В.А.Орлов

подпись инициалы, фамилия

« 21 » Июль 2021 г.


МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Формирование цепочки ценностей в контексте экологической безопасности
создания биотехнологического комбината комплексного инвестиционного
проекта «Енисейская Сибирь»

27.04.05 – Инноватика

27.04.05.01 – Управление инновациями

Руководитель


подпись, дата

доцент, к. ф.-м. наук

должность, ученая степень

А. К. Москалев

инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата

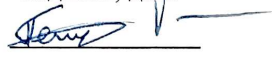
проф., д-р. ф.-м. наук

должность, ученая степень

Ю.Ю. Логинов

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

М.В. Петрунин

инициалы, фамилия

Красноярск 2021

Нормоконтроль
21.06.2021
Петрунина А.А.
