

Ц Б К

Pulp

еллюлоза

Paper

умага

Board

артон

09 [2011]

- Нелегкая судьба отраслевой науки.
- От наших специальных корреспондентов: АО "Алтайкромля"; Рубежанский КТК.
- Проект: "Лиственница", продолжение цикла публикаций.
- Актуальное интервью.
- Статистика. Итоги работы российских предприятий за 9 месяцев 2011 года.
- Наука и технология.
- Предлагают иностранные поставщики: GL&V; Andritz; Voith...
- На семинаре в Санкт-Петербурге.
- Листая страницы истории.

Проект «Лиственница».¹

Сочетание периодической и непрерывной сульфатной варки как путь повышения конкурентоспособности интегрированного предприятия

Э. Л. Аким, Ю. Г. Мандре, СПб ГТУ РП;
С. И. Пондарь, Ю. Н. Заяц,
АО «Группа «Илим»;
А. Д. Сергеев, Сибирский НИИ ЦБП;
М. В. Коваленко, О. В. Рыбников,
СПб ГТУ РП

В предыдущей статье [1] была рассмотрена конкурентоспособность периодической и непрерывной сульфатной варки в условиях реконструкции предприятий. Проведенный анализ особенностей технологии варки позволил сделать вывод о глубоко ошибочном стереотипном мнении о том, что на современном производстве целлюлозы не место установкам периодической варки. Предприятия, оснащенные установками периодической варки, за счет модернизации существующих мощностей могут достигнуть значительных улучшений

своих технико-экономических показателей при относительно низких капитальных затратах и, практически, без потерь рабочего времени производства при реконструкции. Такая реконструкция, не связанная с дорогостоящей заменой котлов периодического действия установкой непрерывного действия, позволяет достичь тех же результатов, потратив лишь часть средств, запланированных на реконструкцию.

Однако, еще более перспективно сочетание в рамках одного предприятия технологических линий (производств) периодической и непрерывной сульфатной варки, так как при этом можно не только полностью реализовать достоинства каждого из методов, но и получить сверхаддитивные эффекты. Для крупных российских предприятий такое сочетание может рассматриваться как дополнительный путь повышения конкурентоспособности интегрированного предприятия в условиях глобализа-

ции рынков целлюлозно-бумажной продукции. Данная статья и посвящена рассмотрению различных аспектов этой проблемы.

Как известно, 30 лет назад наша страна занимала 4-ое место в мире по выработке бумаги и картона, производя 5,2% их мирового объема. Сегодня на долю России приходится менее двух процентов мирового производства бумаги и картона; по объему их производства Россия переместилась в середину второго десятка. В то же время Россия остается одним из ведущих экспортеров волокнистых полуфабрикатов, прежде всего хвойных северных армирующих волокон. В условиях глобализации лесного хозяйства, целлюлозно-бумажной промышленности и мировых рынков лесных товаров [2-5], в условиях экспортной ориентации российской ЦБП, сохранение ее конкурентоспособности неразрывно связано с максимальным использованием всех резервов существующих предприятий. Непрерыв-

¹Проект «Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на мировые рынки нового вида товарной целлюлозы)» осуществляется при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России). Инициатором проекта «Лиственница» выступило ОАО «Группа «Илим» в партнерстве с Санкт-Петербургским государственным технологическим университетом растительных полимеров [7].

ный рост цен на энергоносители, транспорт, другие услуги «естественных монополий» могут лишить российских ЦБК их конкурентных преимуществ. В связи с этим необходим одновременный учет и мировых тенденций в производстве и использовании волокнистых полуфабрикатов и специфики российской лесосырьевой базы. На рис. 1, 2 приведены данные, характеризующие динамику изменения структуры волокнистых полуфабрикатов в мире в период с 1970 до 2008 годы [3-4, 6].

Из представленных на рисунках данных видно, что хотя за последние 40 лет объем мирового производства целлюлозы непрерывно возрастал, ее доля в общемировом использовании волокнистых полуфабрикатов непрерывно уменьшалась, прежде всего, в пользу вторичного волокна. Однако товарная целлюлоза остается одним из важнейших видов лесных товаров, для которого в мире сформировались глобальные потоки.

Доминирующее положение занимает сульфатная беленая целлюлоза, по которой наметилось четкое разделение. Производство лиственной сульфатной беленой целлюлозы развивается, прежде всего, в Латинской Америке и Юго-Восточной Азии на базе плантаций ускоренного роста. Производство хвойной сульфатной беленой целлюлозы, так называемых «северных армирующих волокон», осуществляется главным образом в Канаде, Скандинавии и России. Именно для этих двух типов целлюлозы и целесообразен анализ преимуществ непрерывной и периодической варки и их сочетания. Необходимо подчеркнуть, что большинство технологических процессов на сульфатно-целлюлозных заводах являются непрерывными. И хотя варку целлюлозы можно проводить как непрерывным, так и периодическим методами [8-10], при периодической варке все предыдущие стадии технологического процесса, а также последующие

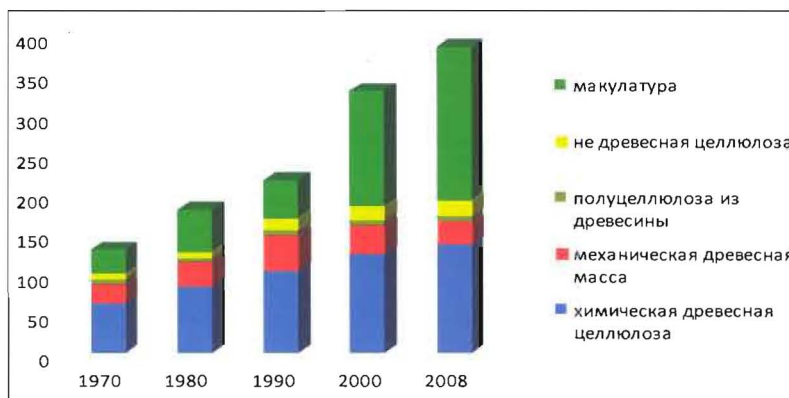


Рис. 1. Динамика изменения объемов производства (млн. тонн в год) волокнистых полуфабрикатов в мире в период с 1970 до 2008 года [6].

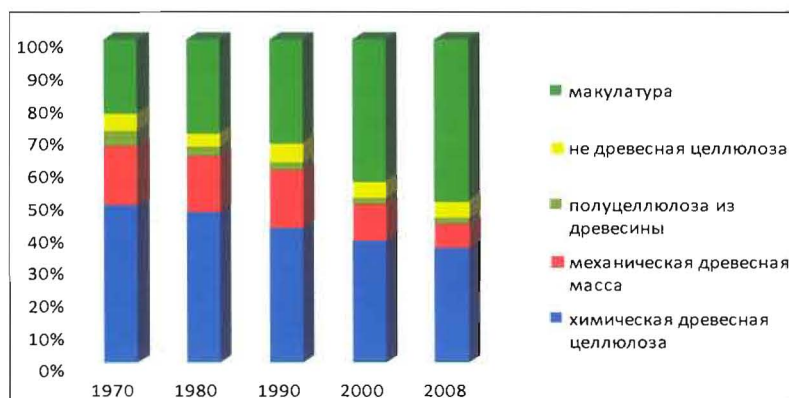


Рис. 2. Динамика изменения структуры производства волокнистых полуфабрикатов в мире в период с 1970 до 2008 года [6].

стадии осуществляются непрерывно. Однако, наличие в технологической схеме гибких стадий периодической варки позволяет, с одной стороны, нивелировать различия в свойствах поступающего сырья, а, с другой стороны, гибко реагировать на изменения конъюнктуры рынка, выпуская наиболее востребованный (и наиболее прибыльный) в данный момент продукт. В некоторых случаях наличие варочных котлов периодического действия позволяет использовать преимущество «гибкости». Например, при производстве сульфатной целлюлозы, используемой без отбели (картон, упаковочные виды бумаги, компоненты гофрокартона) и той же

целлюлозы, поступающей впоследствии на отбелку, разделение варки и промывки позволяет одновременно варить целлюлозу с разной степенью делигнификации. Это позволяет значительно повысить выход, убрать наличие «переходной» целлюлозы и сократить потребление отбеливающих реагентов.

Непрерывная варка целлюлозы может рассматриваться как технология, «ориентированная на процесс». В то же время технология периодической варки может рассматриваться как технология, «ориентированная на продукт». Такой подход наиболее актуален для предприятий большой производительности.

Как известно, в мире все шире в ЦБП используется плантационная древесина, прежде всего произрастающая на плантациях ускоренного роста. По данным **ФАО ООН**, лесные плантации, занимая менее пяти процентов лесопокрытой площади Земли, уже дают свыше половины всего объема производимых лесных товаров. Плантации эвкалипта в Латинской Америке, в Юго-Восточной Азии стали устойчивым источником древесного сырья для ЦБП этих стран. Плантации черного тополя в Китае стали не только основой для фантастического развития фанерного производства, но и дают ежегодно около 10 млн кубометров древесного сырья для ЦБП [11], обеспечивая 40 % древесного сырья для ЦБП.

Плантационное лесоводство целесообразно и в России. Так, в **книге «Плантационное лесоводство»** [12], изданной в 2007 году, есть интересные данные (стр. 334): «В лучших вариантах базовых опытов по выращиванию плантационных культур ели и сосны в Ленинградской и Псковской областях запас стволовой древесины в 30-35-летних посадках составил 200-250 м³/га, а текущий прирост древесины – 6-12 м³/га/год. Приведенные величины – не артефакты. Среди опытных объектов есть насаждения с более высоким текущим приростом».

Обычно, обсуждая вопрос об использовании в ЦБП древесины, заготовленной на плантациях ускоренного роста, основное внимание уделяют их продуктивности, достигающей, например, для эвкалипта 40 и даже 60 кубометров с гектара в год (а на отдельных участках в Бразилии – существенно выше). Однако, не меньшее значение имеет и исключительная однородность такого сырья. При таких параметрах лесосырьевой базы вполне обосновано и создание производств мощностью миллион тонн в год и, безусловно, применение непрерывной варки.

Принципиально иная картина наблюдается для российских предприя-

тий, работающих на древесине, заготавливаемой в естественных лесах. Широко известно, что продуктивность российских лесов в среднем составляет 1,3 – 1,5 кубометров с гектара в год (а в отдельных регионах в Сибири – существенно ниже). С другой стороны, существующий принцип «Бог леса не выравнил» к российским лесам и, соответственно, к поступающему на комбинат древесному сырью, относится в значительно большей степени, чем к комбинатам, получающим древесину, заготовленную на плантациях ускоренного роста. И по породному, и по возрастному составу (а, как следствие, и по структуре и свойствам) для древесного сырья, реально поступающего на российские ЦБК, характерна чрезвычайно большая неоднородность. В особенности для предприятий возрастом 30 и более лет происходит изменение структуры лесосырьевой базы. На участках рубок с начала эксплуатации комбинатов происходят процессы естественного лесовосстановления с преобладанием в них лиственных пород. При этом для обеспечения комбинатов хвойным сырьем приходится заготавливать лес с более удаленных участков, что приводит к значительному удорожанию сырья. В этих условиях особенно интересно сочетание на одной площадке технологических линий непрерывной и периодической варки. На непрерывную варку в этом случае должна подаваться древесина, представляющая основную, более или менее равномерную по свойствам часть поступающего древесного сырья. Эта технологическая линия, «ориентированная на процесс», будет работать с неизменными параметрами в стационарных условиях при минимизации времени переходных режимов. Периодическая варка, «ориентированная на продукт», будет перерабатывать остальную часть древесины, меняя параметры технологического процесса в зависимости от свойств сырья и потребностей рынка в данный момент.

Принципиальное отличие российских предприятий, как уже указывалось выше, – это то, что они работают на древесине, заготовленной в природных лесах. Соответственно, в отличие от ЦБК, работающих на плантационной древесине, для них характерна большая неоднородность сырья по породному и возрастному составу. Технологический поток непрерывной варки при этом может работать на основной породе и использовать наиболее равномерную часть сырьевой базы в стационарных режимах, практически исключая переходные режимы и выпуская наиболее востребованную на рынках продукцию, а периодический поток перерабатывает остальную часть сырья, варьируя технологические режимы в соответствии с рыночной конъюнктурой.

Как известно, для целлюлозно-бумажных рынков характерна цикличность, причем для разных видов продукции ЦБП ценовые пики во времени различаются. В достаточно широких пределах меняются соотношения рыночных цен на первичное и вторичное волокно, на товарную целлюлозу для бумаги и картона и на целлюлозу для химической переработки (растворимую целлюлозу).

Сочетание на одной производственной площадке технологических линий (производств) периодической и непрерывной сульфатной варки позволяет не только объединить достоинства каждого из этих методов, но и получить сверхаддитивный эффект. Можно рассмотреть ряд предпосылок к таким эффектам. Технологический поток непрерывной варки в этих условиях может практически работать на полную мощность при неизменности параметров, используя стабильное сырье и выпуская наиболее востребованную в данный момент продукцию при минимальной себестоимости. В то же время технологический поток периодической варки в этих условиях может выполнять демпфирующие функции, работать на заданную мощность

при параметрах, необходимых для перерабатываемых видов сырья и выпускающей другую продукцию, также востребованную в данный момент на рынках. Учитывая экономические реалии, а именно необходимость быстрого возврата инвестиций для привлечения инвесторов в ЦБП, все ключевые производители оборудования и технологий предлагают технологию периодической варки для новых и модернизируемых целлюлозных линий до 500 тонн в сутки и выше. Использование современных систем управления (DCS) и приборов КИП и А (I&C) нового поколения позволяет практически устранить недостатки периодической варки и приблизиться к уровню себестоимости, аналогичной получаемой на непрерывных установках не высокой производительности.

Еще один важный фактор, приобретающий в последние годы все большее значение, — это изменение «бизнес-модели» с переходом (а, точнее, с возвратом) от модели «стволового бизнеса» к модели «диверсификации бизнеса». Такой переход от бизнес-модели «стволового бизнеса» к модели «диверсификации бизнеса» в настоящее время становится доминирующим в мире. Применительно к ЦБП этот процесс отражается в переходе к биорефайнингу. Он получил свое название по аналогии с ойл-рефайнингом, т. е. с процессом комплексной переработки нефти на широкую гамму целевых продуктов.

Сочетание на одном предприятии технологических линий с непрерывной и периодической варкой открывает возможность поэтапной реализации принципов био-рефайнинга. Так, на рис. 3 приведены некоторые схемы массных, энергетических и других потоков при био-рефайнинге, представлявшие на совместной **Конференции Консультативного Комитета по бумаге и древесине ФАО ООН и Международного Совета Лесных и Бумажных Ассоциаций** в Монреале в мае 2011 года [6].

Появление идеи биорефайнинга в значительной степени связано с тем, что в последнее время в исследовательских центрах лесохимической индустрии зарождалось все меньше долгосрочных проектов. Индустрия концентрировалась на краткосрочных проектах по снижению затрат для выживания на беспокойных рынках. Наиболее исполнимые проекты по улучшению производства целлюлозы и бумаги находились в областях сырья, энергетики и экологии. Крупнейшие лесные и целлюлозно-бумажные корпорации мира непрерывно уменьшали объемы исследований, сокращая, а часто и закрывая свои исследовательские центры. В этих условиях именно идея биорефайнинга представляется многим как возможной ответ глобальным вызовам, путь спасения ЦБК — традиционных производителей бумажной продукции. Практическая реализация идей биорефайнинга, однако, идет не очень большими темпами, так как пока риски, связанные с этим, выше возможной выгоды.

Проанализируем вкратце возникающие при этом новые проблемы. Решение об интеграции целлюлозного производства и био-рефайнинга потребует пересмотра всей инфраструктуры современного ЦБК, пересмотра его материальных, энергетических и водных потоков, с учетом существующего законодательства и предпочтений.

В Европе целлюлозно-бумажная отрасль уже является наибольшим производителем и потребителем энергии из возобновляемых источников. Более того, существуют публичные обязательства по дальнейшему увеличению производства этой энергии. Современные целлюлозные заводы в состоянии самостоятельно обеспечить себя энергией и могут продавать избыточный пар для обогрева населенных пунктов, соседних производств или использования для производства лесохимической продукции

(green chemicals). Половина энергии, используемой в бумажном производстве — из возобновляемых источников. Около 96% электричества производится на заводской площадке в комбинации с производством тепла.

Современные целлюлозные заводы используют непрерывную варку, барабанные промывные прессы и отбелку без элементарного хлора. Использование перекиси водорода — экологически более совершенный, однако, с точки зрения качества целлюлозы, сочетание кислородно-щелочной делигнификации с отбелкой двуокисью хлора более предпочтителен. В последнее время для улучшения процесса все чаще начинают использовать озон, за счет чего уменьшается использование двуокиси хлора и, возможно, улучшаются механические свойства целлюлозы, и снижается потребление энергии.

Экологическая ситуация при производстве целлюлозы и бумаги постоянно улучшается.

Практически все заводы оснащены производствами регенерации химикатов, позволяющими регенерировать до 99 % варочных реагентов. Все заводы обязаны иметь очистные сооружения сточных вод, однако уровень очистки и экологическая нагрузка зависят от размеров завода, места расположения, а также уровня технологии.

Таким образом, современные ЦБК имеют сложную многоиерархическую сбалансированную инфраструктуру, для которой переход к биорефайнингу может рассматриваться как существенный возмущающий фактор. Еще одним достоинством сочетания периодической и непрерывной сульфатной варки и является возможность поэтапной интеграции целлюлозных заводов с производствами биорефайнинга.

Такая интеграция ставит перед производствами несколько задач. Во-первых, заводы, обеспечивающие себя энергией, могут оказаться не в состоянии

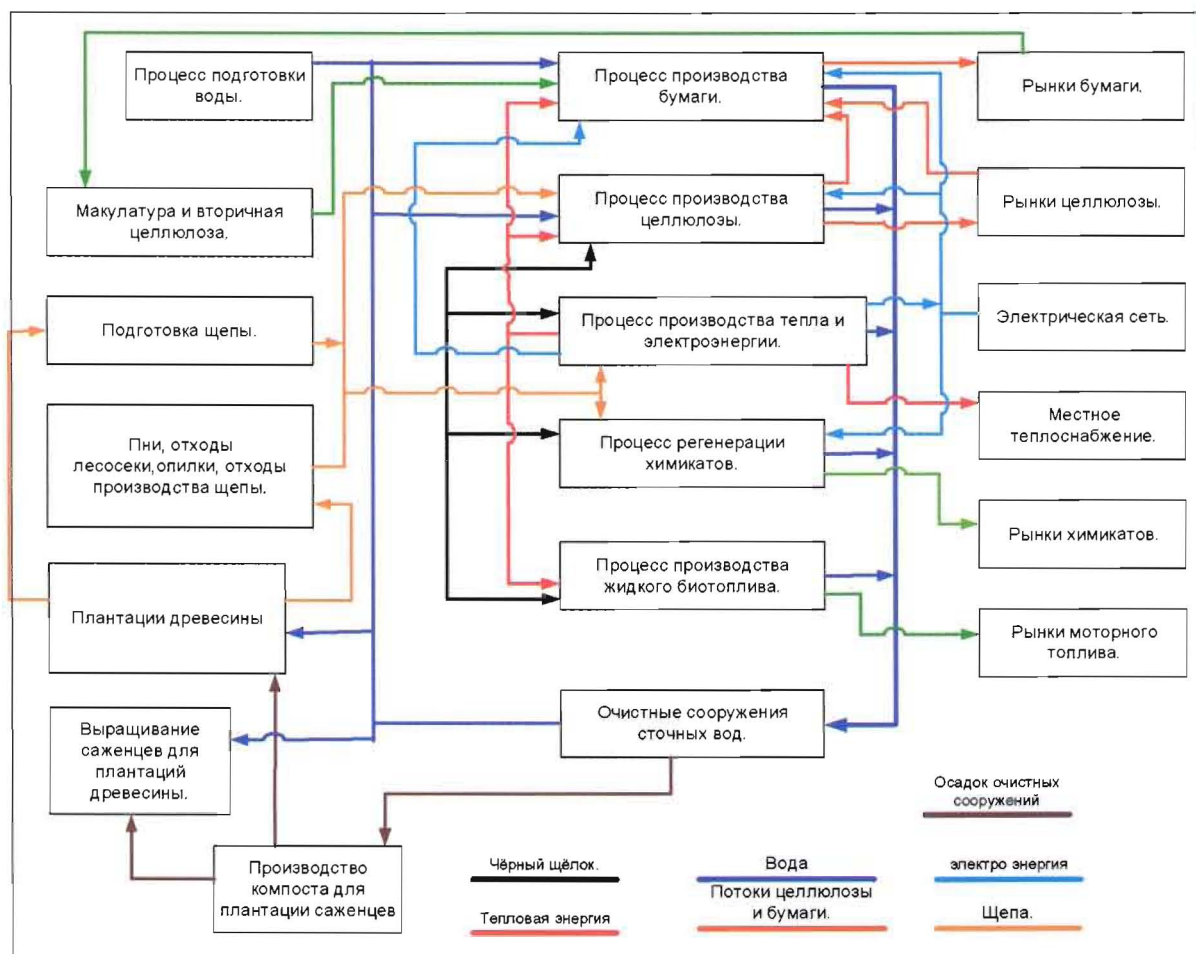


Рис. 3. Схемы массовых, энергетических и водных потоков при биорефининге.

обеспечить энергией производства биорефининга. Разделение волокна на фракции, выделение гемицеллюлозы и лигнина, переработка отдельных фракций в продукцию лесохимии требует или выработки большого количества собственной энергии, или использования покупной.

Кроме того, увеличение использования низкосортного сырья и древесных отходов потребует увеличения расходов воды для процессов сортирования и промывки.

Решение об интеграции целлюлозного производства и биорефининга потребует перенаправить часть стоков

целлюлозного производства в производство энергии и/или для извлечения химикатов. В качестве примера можно привести промышленные установки по концентрации стоков ХТММ и их сжиганию совместно с черным щелоком в содорегенерационных котлах. Другой пример – использование в строительстве минеральных отходов производства осажденного карбоната кальция (используемого в качестве наполнителя в белых видах бумаги), и шлама систем каустизации и регенерации щелоков.

Несколько экономически целесообразна концепция биорефининга

черного щелока, по сравнению с традиционным сжиганием и дистилляцией талового масла, предстоит еще понять. Пока техническая и экономическая целесообразность биорефининга до конца не утверждена, требования законодательства, налоговые послабления или субсидии подталкивают предприятия в направлении использования отходов целлюлозного производства в качестве возобновляемых источников энергии.

Сочетание периодической и непрерывной сульфатной варки на одной площадке позволяет с весьма небольшими затратами осуществлять

промышленные эксперименты по поэтапной реализации принципов биорефайнинга, резко сократить риски, осуществлять наработку новых продуктов и их вывод на рынки для оценки их конкурентоспособности. Таким образом, выделение одного-двух варочных котлов в рамках интегрированного предприятия позволяет осуществлять опытно-промышленную проверку стратегических путей повышения конкурентоспособности.

Безусловно, при реализации принципов биорефайнинга должны учитываться специфические особенности используемых пород древесины. Отдельные элементы такого подхода были реализованы в Светогорске (**ЗАО «Интернешенал Пейпер»**) при создании технологической линии производства БХТММ из осины. Учитывая особенности этой породы, там была использована фрезерная окорка, новая схема утилизации избыточного активного ила и т. д. [13].

В качестве другого примера такого подхода рассмотрим вариант биорефайнинга сибирской лиственницы, упрощенная схема которой показана на рис. 4. В настоящее время сибирская лиственница перерабатывается в смеси с сосной и другими породами. При этом окорка баланса осуществляется в окорочных барабанах, а последующая варка – по непрерывному и периодическому способам.

Введение предварительного сортирования поступающей древесины по породному составу, в сочетании с фрезерной окоркой (Ring debarking) лиственницы позволяет предложить ряд схем биорефайнинга. Фрезерная окорка позволяет осуществлять окорку целых хлыстов. При этом образуется кора высокой сухости и только лиственницы, практически без примесей других пород. Эта кора используется после измельчения для экстракции ценных компонентов, с последующей переработкой оставшейся твердой фракции на другие целевые продукты, в том числе на биотопливо.

Таблица 1.
Сравнение некоторых характеристик варочного процесса при совместном использовании непрерывной и периодической варки и при их раздельном применении

Показатели	Непрерывная варка	Периодическая варка (модифицированная)	Сочетание периодической и непрерывной варок
Управляемость технологического процесса варки: В стационарных условиях.	Хорошая только при стабильной производительности и хорошем качестве щепы.	Хорошая, как при стабильной производительности, так и в периоды пусков, остановов, при изменении вида сырья или сортов готовой продукции.	Оптимальная.
При переходных режимах.	В периоды пусков, остановов, при изменении вида сырья осложняется управляемость движением щепы, массы и щелока по аппарату; неизбежно получение большого количества некондиционной продукции.		
Однородность провара целлюлозы по сечению варочного котла	Провар по сечению котла неоднороден, что является следствием неравномерного распределения температуры по сечению котла и недостаточной равномерностью пропитки. Колебание жесткости – несколько единиц Каппа.	Провар по сечению варочного котла однороден. Колебание по степени делигнификации составляют $\pm 0,5$ ед. Каппа.	
Выход и качество целлюлозы	Выход и прочностные характеристики целлюлозы при модифицированной периодической варке выше, чем при непрерывной, благодаря более однородному провару щепы.		Выход и прочностные характеристики целлюлозы выше, чем при непрерывной или периодической по отдельности, благодаря более однородному провару щепы.
Возможность получения целлюлозы с предварительным гидролизом или с предварительной экстракцией древесины.	Попытки использования варки с предварительным гидролизом в установках непрерывного действия дали отрицательные результаты.	Предварительный гидролиз, экстракция или другая предварительная обработка древесины хорошо сочетается с модифицированной периодической варкой.	Высокая, при минимальных рисках
Возможность по этапной реализации принципов биорефайнинга	Низкая	Средняя	Высокая, при минимальных рисках
Гибкость производства	Низкая	Средняя	Высокая

Из окоренного хлыста выпиливается комлевая часть, пиловочник и балансовая часть. Опилки из различных по длине ствола частей имеют разный состав. Они могут собираться раздельно и, вместе с опилками, получаемыми при механической переработке пиловочника, подвергаться (после экстракции) переработке на различные целевые продукты.

Раздельно могут перерабатываться и комлевая, и балансовая части. Пройдя экстракцию и, при необходимости, специальные нивелирующие операции, щепа из этих частей древесины может затем перерабатываться совместно.

Водные экстракты лиственницы, в основном состоящие из арабиногалактана, в зависимости от назначения целевого продукта, могут перерабатываться по мембранной технологии [14, 15], подвергаться дополнительной физико-химической модификации, химической или биологической переработке. Одно из таких направлений – комплексная переработка древесины лиственницы с предварительной экстракцией и ферментацией экстракта в молочную кислоту [16].

Совместное использование непрерывной и периодической варок позволяет осуществлять опытно-промышленные эксперименты в области биорефининга с минимальным риском.

В **таблице** приведено сравнение некоторых характеристик варочного процесса и качества целлюлозы, получаемой при совместном использовании непрерывной и модифицированной периодической варок, а также при раздельном применении каждого из методов.

На российских предприятиях, производящих сульфатную целлюлозу, до сих пор работает довольно много варочных установок периодического действия. В большинстве случаев модернизация этих установок не проводилась несколько

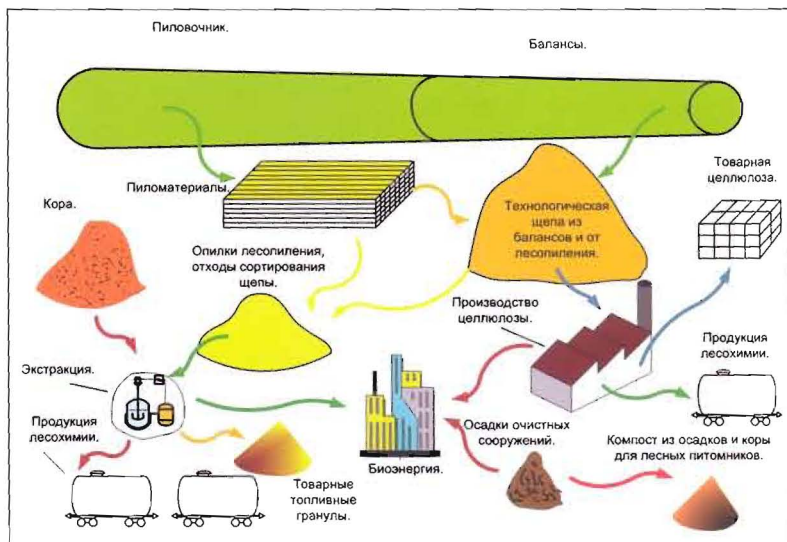


Рис. 4. Упрощенная схема биорефининга лиственницы.

десятилетий, поэтому они эксплуатируются по традиционной технологии. Однако, положительный опыт относительно малобюджетной модернизации установок периодической варки и совместного использования непрерывной и периодической варок есть уже и в России. Он показывает, что совместное использование непрерывной и периодической варок позволяет увеличить производительность и одновременно добиться улучшения основных технико-экономических показателей производства и показателей качества продукции.

Заключение

Сочетание на одной площадке периодической и непрерывной сульфатной варки позволяет:

- гибко реагировать на характерную для целлюлозно-бумажных рынков цикличность; работать на неоднородной по породному и возрастному составу древесине, заготовленной в природных лесах;

- использовать наиболее равномерную часть сырьевой базы для непрерывной сульфатной варки в стационарных режимах, практически исключая переходные режимы и выпуская наиболее востребованную на рынках продукцию, а остальную часть сырья перерабатывать на периодическом потоке, варьируя технологические режимы в соответствии с рыночной конъюнктурой;

- с весьма небольшими затратами осуществлять промышленные эксперименты по поэтапной реализации принципов биорефининга;

- резко сократить риски при осуществлении разработки новых продуктов и их выводе на рынки для оценки их конкурентоспособности.

Совокупность всех этих факторов и позволяет повысить конкурентоспособность интегрированного предприятия.

Список литературы

1. Аким Э. Л., Мандре Ю. Г., Иванов Ю. С., Коваленко М. В., Пондарь С. И., Заяц Ю. Н., Сергеев А. Д. «Технология сульфатной варки. Конкурентоспособность периодической

и непрерывной варок в условиях реконструкции предприятий». «Целлюлоза. Бумага. Картон.» БК № 4, стр. 52-59, 2011 год.

2. **Херберт П., Аким Э.** «Тенденции глобальных рынков ЦБП и проект «Лиственница». «Целлюлоза. Бумага. Картон», № 6, стр. 3-9, 2011.

3. «Forest Products Annual Market Review, 2010-2011», UNECE/FAO UN, Geneva – NY, 2011, 155 p.

4. «Ежегодный анализ рынков лесных товаров 2009-2010 годы» Организация Объединенных Наций, Женева - Нью-Йорк, 2010 г., 224 стр.

5. **Страхов В. В., Писаренко А. И., Борисов В. А.** «Глобализация лесного хозяйства». М., 2001., 397 стр.

6. **Tissari Jukka**, «FAO Outlook Study on Sustainable Forest Industries: Opening Pathways to Low-Carbon Economy», АСРWP-2011, 23-25 May 2011, Montebello, Canada, 137 p.

7. **Чуйко В. А., Аким Э. Л.** «Актуальные проблемы инновационного

развития целлюлозно-бумажной промышленности России», «Целлюлоза. Бумага. Картон», № 8, стр. 3-9, 2010.

8. «Технология целлюлозно-бумажного производства», Справочные материалы. СПб. 2002-2010, Много-томник, в 7-и томах.

9. «Papermaking Science and Technology», Finnish Paper Engineers Association and TAPPI, 1999-2010, 19-ти томное издание по технологии целлюлозно-бумажного производства и по химии древесины.

10. **Gary A. Smook** «Handbook for Pulp & Paper Technologists», Vancouver, 2002.

11. **A. Lebedys, W. Kollert**, Poplar resources and markets from European perspective. 1st meeting of European Poplar Producers, Forest Management Division, FAO, Rome, Valladolid, 18 May 2010.

12. «Плантационное лесоводство». Под ред. И.В.Шутова, СПб., 2007, 365 стр.

13. **Смирнов А. М., Смирнов М. Н., Аким Э. Л., Коваленко М. В.** «Физико-химическая очистка стоков белевой химико-термомеханической массы (БХТММ)», «Целлюлоза. Бумага. Картон.», № 3.

14. **Кислицын А. Н., Жукова И. П., Пузанова В. Ю.** «Технология переработки низкотемпературных предгидролизатов лиственницы». «Гидролизная и лесохимическая промышленность». 1992, № 3, с. 17-19.

15. **Кислицын А. Н., Жукова И. П., Пузанова В. Ю., Оганина Н. В., Голубева Г. П.**, «Опытная установка по переработке низкотемпературного предгидролизата лиственницы». «Гидролизная и лесохимическая промышленность». 1993, №1, с. 11-13.

16. **Hanna Horhammer, Sara Walton**, Adriaan van Heiningen, «A larch based biorefinery: pre-extraction and extract fermentation to lactic acid», Holzforschung, Vol. 65, pp. 491-496, 2011.

СР COPASA®
Оборудование для производства бумаги
Barcelona, Spain
Tel.: +34 938 086 380 / Fax: +34 938 086 413
E-mail: comercial@copasa.info
Web: www.copasa.eu

Представитель на территории России и СНГ.
Маркулова Надежда Петровна
Мобильный телефон: +7 910 437 24 94
Тел./факс: +7 495 455 61 74
Электронная почта: nmerkulova@mtu-net.ru

БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ ТИСЬЮ



• Полный инженеринг проекта, конструкторское решение необходимых В ам линий, с новым или реконструированным оборудованием.



• Производство укомплектованных машин и отдельных узлов.
• Модернизация, реконструкция и монтаж оборудования "secondhand".
• Ведение проекта от начала до пуска оборудования.