

ПЕРЕХОД К ЦИРКУЛЯРНОЙ БИО-ЭКОНОМИКЕ КАК ОКНО ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ УПРЕЖДАЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЦБП РОССИИ.

Э.Л. Аким¹, О.В. Рыбников², А.А. Пекарец³, О.В. Федорова, Л.Г. Махотина¹,

П.В. Луканин¹, С.З. Роговина⁴, А.А. Берлин⁴

- 1. Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна (ВШТЭ СПбГУПТД).*
- 2. ОАО Светогорский ЦБК.*
- 3. ООО «Лесная технологическая компания», поселок Качуг, Иркутская область.*
- 4. Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова РАН (Москва, 119991, Россия).*

Санкт-Петербург ноябрь 2023

Рукописи не горят... и не стареют...

Рецензия на книгу доктора химических наук, профессора Эдуарда Имериховича Чупки (1936–1994)

«ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЛИГНИНА И УГЛЕВОДОВ ПРИ ЩЕЛОЧНЫХ ОБРАБОТКАХ ДРЕВЕСИНЫ»

(Монография. Санкт-Петербург. Медиапапир. 2023. 497 стр.).

К моменту выхода этой рецензии (Журнал Химия Растительного Сырья, 2023, №3) пройдет 30 лет со времени смерти доктора химических наук, профессора Эдуарда Имериховича Чупки, но его книга, написанная свыше 30 лет назад, а опубликованная лишь в 2023 году, остается и сегодня полностью актуальной.

Прежде всего я считаю необходимым выразить огромную благодарность Александру Дмитриевичу Сергееву, Надежде Геннадьевне Сухопаровой (Главному редактору Единой Газеты Группы Илим), ученикам, и соратникам Эдуарда Имериховича Чупки, и всем тем, кто взял на себя огромный труд по подготовке книги к изданию. Особые слова благодарности за само издание этой книги руководству Группы Илим - Захару Давидовичу Смушкину, Ксении Николаевне Сосниной, Александру Анатольевичу Позднякову, Сергею Николаевичу Кривошапкину.



ФАО Сан-Марино, 20-23 ноября 2023 года

«Концепция циркулярности в целлюлозно-бумажной промышленности»

«Биоэкономика» — это производство, использование, сохранение и восстановление биологических ресурсов, включая соответствующие знания, научные дисциплины, технологии и инновации, обеспечивающие устойчивые решения (информация, продукты, процессы и услуги) в рамках всех секторов экономики и между ними, и содействующие переходу к устойчивой экономике» (коммюнике Глобального саммита по биоэкономике, 2020 год)

Изменения за 50 лет...

- Глобализация
- Смена лидеров
- Слияния и поглощения
- Переход в ЦБП мира к бесхлорной отбелке – ECF и TCF
- Скачок использования вторичного волокна – **переход к циркулярной био-экономике**
- **Плантации ускоренного роста (эвкалипт, сосна, черный тополь)**
- **Отказ от не древесного растительного сырья**
- Реструктуризация ассортимента
- **Переход мира к биоразлагаемой упаковке**
- Переход к биорефайнингу и расширение ассортимента лесохимии
- Появление биотоплива второго поколения – пеллет и брикетов
- Появление новых древесных композитов

Концепция об определяющей роли высокоэластического состояния биополимеров при их синтезе и использовании

Аким, Докторская диссертация, 1971 г.
Colourage, ANNUAL 1970 (INDIA, Bombay)

Watch your eyes!

Look again. Contact lenses
so fast and in such comfort
that they can make you feel like
Amaryl Reactive lenses.
years of

Amaryl
are easy to adapt to
even for both eyes



«Окна возможностей»

Существует три типа «окон возможностей» **для упреждающего развития**, или которые могут позволить **странам, отстающим в развитии**, наверстать упущенное:

- Технологическое окно;
- Окно спроса, и
- Институциональное окно.

Технологические окна включают в себя упреждающее развитие или вхождение отстающих стран во вновь созданные отрасли, возникающие в процессе перехода от одной технологической системы к другой, например, от аналоговых к цифровым средствам связи.

Окна спроса относятся, например, к новому типу спроса, серьезным изменениям в структуре местного спроса или деловому циклу.

Институциональные окна означают изменения в **государственной политике и институтах** на национальном уровне, направленные на поддержку отечественных компаний, такие как предоставление субсидий, программы НИОКР, снижение налогов, поддержка экспорта, **нормативные акты и стандарты**.

«Зеленые» окна возможностей

Нами предлагается концепция «зеленых» окон возможностей для определения новой технико-экономической парадигмы опережающего развития ЦБП России.

Её целесообразно проанализировать на примерах офисной бумаги Эко, био-рефайнинга лиственницы и осины, новых поколениях био-топлива.

Недавно была предложена концепция «зеленых» окон возможностей для определения новой технико-экономической парадигмы догоняющего развития, связанной, в частности, с появлением «зеленых технологий», таких как возобновляемые источники энергии.

Трансформация Лесной отрасли – ретроспектива и перспективы

Ретроспектива – 1970 - 2022	Перспективы - 2022 – 2050 - 2070
Глобализация	Переход к циркулярной биоэкономике
Развитие биотоплива как следствие Киотского протокола и Парижского соглашения.	Лесной сектор как фактор предотвращения и/или замедления глобального изменения климата Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC, 2018) определила семь стратегий улавливания углерода. Куда деть углерод???
1985 г. — Диоксины обнаружены в выбросах целлюлозно-бумажной промышленности (Швеция, США) Бесхлорная отбелка целлюлозы – ECF, TCF	Создание глобальной системы космического мониторинга лесов, лесных пожаров, баланса углекислого газа, потоков лесной продукции
Плانتации ускоренного роста (эвкалипт, сосна, черный тополь)	Мусорная проблема – сколько сегодня сжигается вторичной древесины – в мире и в России?
Китай и Вторичное волокно	Пластик и микропластик в океане. Полный переход на био-разлагаемую и циркулирующую тару и упаковку.
Новые виды продукции: Древесные композиты, волокнистые полуфабрикаты, бумага и картон (офисная бумага, санитарно-гигиенические виды – для медицины) и др.	Многоэтажное деревянное строительство.

Инновации в ЦБП нашей страны...

- Кислородная отбелка.
- Бессточная технология на Селенгинском ЦКК.
- Биорефайнинг лиственницы.
- Биорефайнинг осины.
- Офисная бумага с пониженным углеродным следом.
- Биотопливо второго и третьего поколения.
- Биоразлагаемая упаковка.

Влияние воды на температуру стеклования целлюлозы (Аким, Докторская диссертация, 1971 г.)

Для сухой целлюлозы температура стеклования лежит выше температуры ее разложения и составляет 220 °С.

Вода пластифицирует целлюлозу и снижает ее температуру стеклования ниже 0 °С.

Аналогично снижается и температура стеклования гемицеллюлоз и лигнина.

Биосинтез целлюлозы в природе осуществляется в среде воды, т.е. когда целлюлоза находится в высокоэластическом состоянии. Поэтому для целлюлозы высокоэластическое состояние является первичным, высушенное стеклообразное состояние – вторичным.

Для целлюлозы и материалов на ее основе переход из мокрого состояния в сухое имеет особое значение. Мокрая целлюлоза находится в высокоэластическом состоянии, а сухая застеклована.

Выделение целлюлозы из растительных тканей, ее переработка в бумагу и эфиры целлюлозы осуществляется также в среде воды. Биосинтез целлюлозы в природе происходит при обязательном участии воды, т.е. целлюлоза рождается в воде.

Выделение технической целлюлозы из древесины и другого растительного сырья осуществляется в водных средах.

Концепция об определяющей роли высокоэластического состояния биополимеров при их синтезе и использовании
Из доклада на Конференции, посвященной 100-летию Американского Химического общества, США, 1977

E. Akim. Cellulose Chemistry and Technology, ACS, Symposium Series, Washington, 48, 1977, 153-172

E. Akim. «Cellulose-Bellwether or old hat». «Chemtech», November, 1978, 676-682

«Высокоэластическое состояние – это то состояние, благодаря которому существует жизнь на Земле...»

...Высокоэластическое состояние – это то состояние, в котором целлюлоза синтезируется в процессах биосинтеза, выделяется из растительных тканей и перерабатывается в бумагу и картон».

А сегодня можно добавить «...и то состояние, в котором целлюлоза участвует в «циркулярной» экономике...»

Комплекс «арабиногалактан-вода» как эвтектический растворитель и эвтектический пластификатор в природной лиственнице

Показано, что усталостная прочность древесины лиственницы обеспечивается в живом дереве природным глубоким эвтектическим растворителем и эвтектическим пластификатором – жидкой системой «арабиногалактан-вода», заполняющей капиллярно-пористую структуру древесины.

ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. ХИМИЯ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, 2020, том 491, с. 73–76

- УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ И РЕЛАКСАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ЕЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ**
- © 2020 г. Э. Л. Аким, С. З. Роговина, академик РАН А. А. Берлин**

Релаксационные состояния полимерных компонентов древесины и их роль в жизни дерева, леса и лесного сектора

Э.Л. Аким, А.А. Пекарец, С.З. Роговина, А.А. Берлин, академик РАН

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна (Санкт-Петербург, 191186, Россия);

² Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова РАН (Москва, 119991, Россия) E-mail: s.rogovina@mail.ru

Биорефайнинг лиственницы и осины

За последние годы Кафедра технологии целлюлозы и композиционных материалов Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД выполнила и реализовала ряд проектов по биорефайнingu лиственницы и осины, являющихся важными шагами на пути к углеродной нейтральности российского ЛПК.

Это - прежде всего, инновационные технологии:

- **биорефайнинга лиственницы**, легшие в основу Проекта «Лиственница» (по Постановлению Правительства РФ №218);
- **биорефайнинга осины**, легшие в основу ряда технологий на Светогорском ЦБК, включая создание принципиально-нового вида офисной бумаги –

Бумаги «Эко» и «Эко2»;

-**твердого биотоплива третьего поколения;**

-**по созданию новых видов биоразлагаемой упаковки** в рамках Программы «Приоритет 2030».

Остановимся на фундаментальных основах новых технологий, а также подведем некоторые промышленные итоги этих работ.

Биорефайнинг древесины и циркулярная экономика

Теория циркулярной экономики непрерывно развивается и поэтому целесообразно транслировать это развитие на биорефайнинг древесины и другого растительного мира, при обязательном сохранении био-разнообразия.

Бесхлорная отбелка

В 1955 году в Лесотехнической Академии

Г.Л. Аким и В.М. Никитин открыли отбелку целлюлозы молекулярным кислородом.

После выявления в семидесятых годах прошлого века высокой токсичности и мутагенности образующихся при хлорной отбелке целлюлозы хлорорганических соединений (диоксинов и др.), отказ от использования при отбелке древесной целлюлозы хлора и гипохлорита стал важнейшей экологической проблемой ЦБП мира. Сегодня свыше 90% производимой в мире беленой целлюлозы производится с использованием кислородной ступени и во всем мире признается, что кислородная отбелка открыта Акимом и Никитиным...

Проблемы бесхлорной отбели

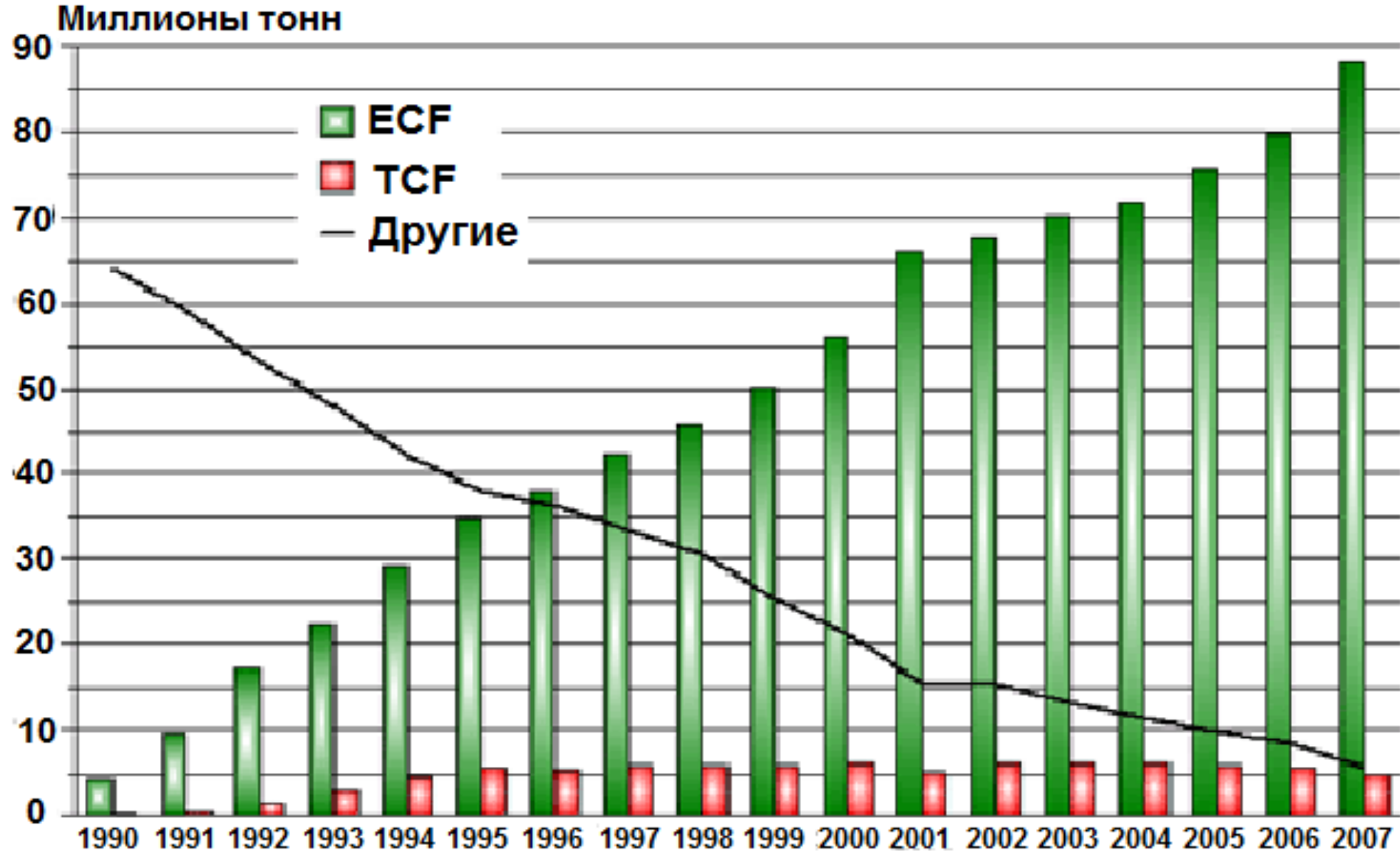
Суть проблемы. Как известно, древесина состоит из трех основных компонентов – целлюлозы (45-55%), гемицеллюлоз (20-30%) и лигнина (20-30%).

Целлюлоза и гемицеллюлозы относятся к классу углеводов, лигнин – к классу ароматических соединений, для которых характерна легкость образования с молекулярным хлором высокотоксичных хлорорганических соединений - диоксинов.

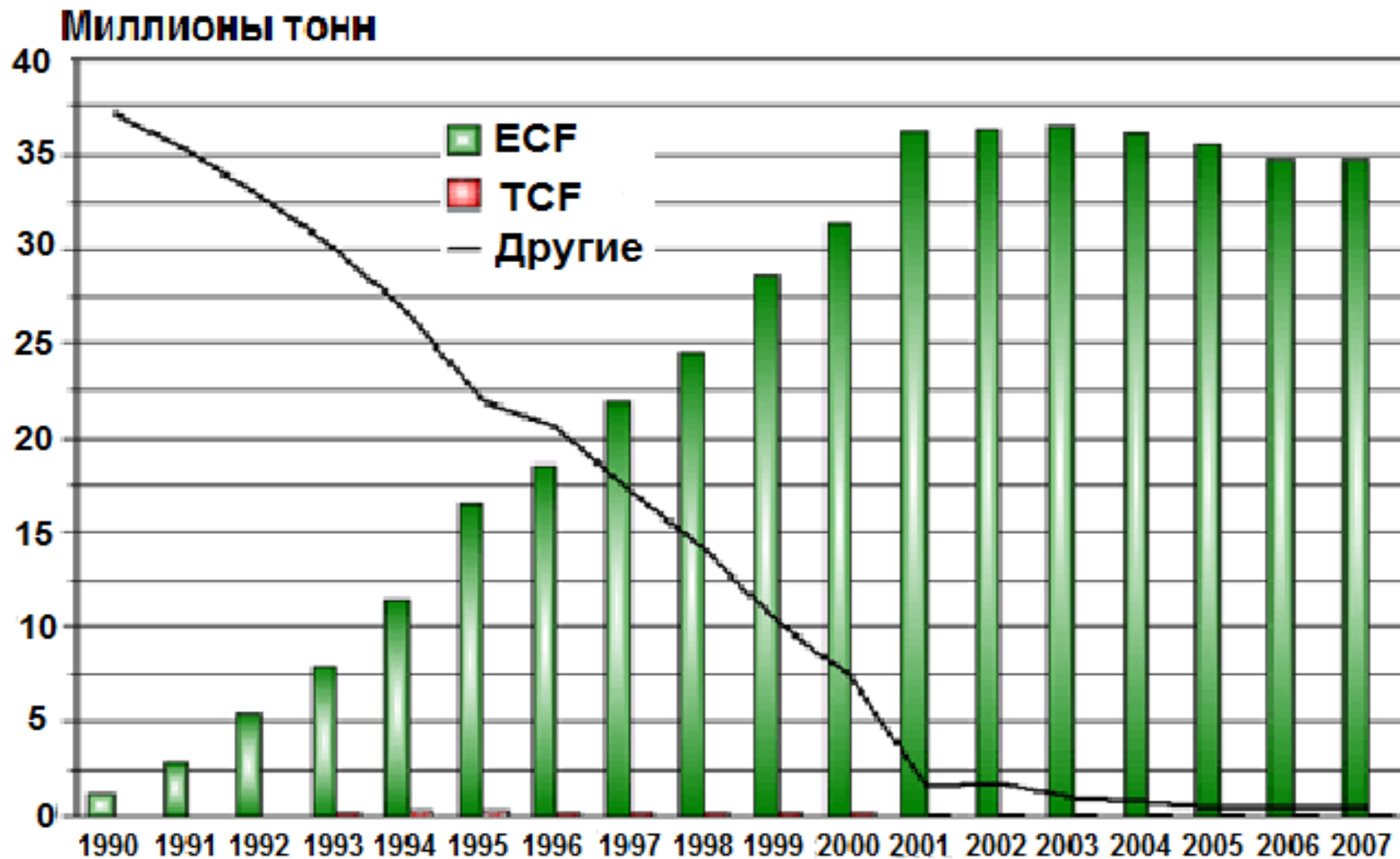
Использование кислородной отбели позволяет исключить применение молекулярного хлора и гипохлорита, осуществить удаление остаточного лигнина из небеленой целлюлозы путем окисления кислородом под давлением в щелочной среде.

Именно это открыли в 1955 году Г.Л. Аким и В.М. Никитин.

Общепрофиль производства бленной целлюлозы



Производство белой целлюлозы в Северной Америке в 1990-2007 годы



ДЛЯ ТЕХ, КТО ХОЧЕТ РАЗВИВАТЬСЯ И ЛИДИРОВАТЬ



Промышленный реактор кислородно-целлюлозной отбелки лавсановой сульфатной целлюлозы в Коряжме



Александр Кокшаров и инженер Елена Завидина у лабораторного реактора кислородно-целлюлозной отбелки целлюлозы в отделе научно-исследовательской работы

Забудьте про элементарный хлор – дышите глубже кислородом

О том, как в Коряжме избавились от элементарного хлора, рассказывает руководитель отдела по научной работе службы главного технолога Александр Кокшаров

но дальше этого дело не пошло. То ли не убедились в успехе, то ли денег не нашлось. Кстати, я тогда уже работал в лаборатории и после знакомства с Гарри Львовичем проходил аспирантуру именно у него.

К началу двухтысячных, когда комбинат вошел в компанию «Илим Палп», сотрудники научной лаборатории комбината попытались убедить руководство в том, что нужно переходить к более экологичным методам отбелки целлюлозы. Для этого лабораторией были проведены испытания, составлены отчеты, которые оказались достаточным аргументом для внедрения КЦО.

Кислородная станция, закупленная ранее, была в полной сохранности. Кислородный реактор, вопреки общей практике, решили не закупать за границей, а заказали отечественным производителям – предприятию «Севмаш» в Северодвинске. И вот 30 сентября 2000 года на комбинате в Коряжме успешно запустили линию по отбелке лиственной сульфатной целлюлозы без применения элементарного хлора.

Запуск прошел довольно удачно. Уже через несколько недель качество отбелки целлюлозы было сравнимо с прежней, хлорной. Тут надо отдать должное бывшему тогда начальнику производства сульфатной беленой целлюлозы **Павлу Дмитриевичу Ядрихинскому**, который относился к проекту с большим энтузиазмом и приложил для запуска новой линии немало сил.

И до настоящего времени оборудование этого потока работает стабильно. А сам процесс постоянно совершенствуется. Мы постоянно взаимодействуем с производителями. Подбираем более оптимальную температуру, корректируем состав реагентов. А вот на предприятиях, где комплексы кислородно-щелочной отбелки закупаются у зарубежных

Мы очень серьезно разочаровали пессимистов

Юрий Николаевич Заяц, бывший на ту пору генеральным директором ОАО «Котласский ЦБК», добавил по нашей просьбе деталей к рассказу Александра Кокшарова



мощь и специалисты лесотехнической академии.

А вот подбором оборудования для нового проекта занималась великолепная тройка – **Игорь Ярмолинский, Сергей Трубин, Павел Ядрихинский**. Дело оказалось не из легких. Средств отпущено не так много, а технологическое оборудование было довольно сложным, причем часть его нужно было закупать за границей и как-то привязывать импортную составляющую к отечественной.

Кислородная станция, закупленная еще в 80-е годы, оказалась в плачевном состоянии. Хотели обратиться за помощью к изготовителю, но это производство уже закрылось. Все же нашли специалистов, которые практически собрали её заново.

Мы взялись за дело с оптимизмом, но не все его разделяли. Ведь попытке освоить технологию кислородной отбелки в нашей стране уже были – на Амурском комбинате и в Усть-Илимске. Но ничего не получилось. Такая технология работала в Светогор-

Компания «Илим Палп» при- директором КЦБК, на совете дирек-

Физико-химические аспекты био-рефайнинга древесины

Целлюлозные фибриллы являются армирующим элементом древесины и других растений. Построенная из высоко ориентированных элементов надмолекулярная структура целлюлозы обеспечивает высокую прочность целлюлозных волокон, сохраняет свои армирующие функции в бумаге и картоне.

Основные физико-химические аспекты био-рефайнинга:

Какова прочность целлюлозных фибрилл в древесине лесных плантаций ускоренного роста и в северных хвойных лесах?

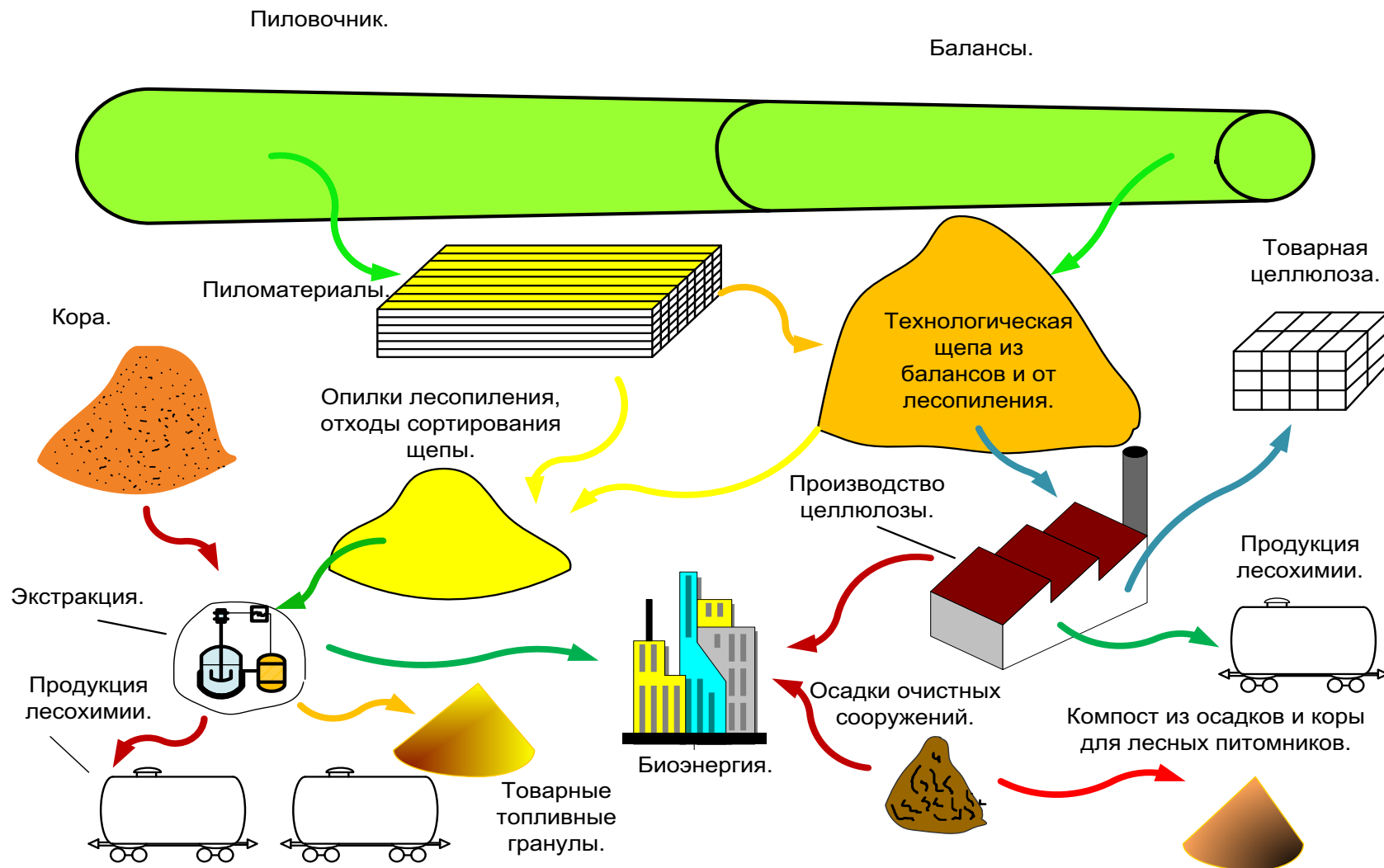
До какого уровня надо «разбирать» «архитектуру», надмолекулярную структуру природного композита – древесины – нано-структуры, морфологической структуры?

Какие структурные изменения происходят с полимерными компонентами древесины?

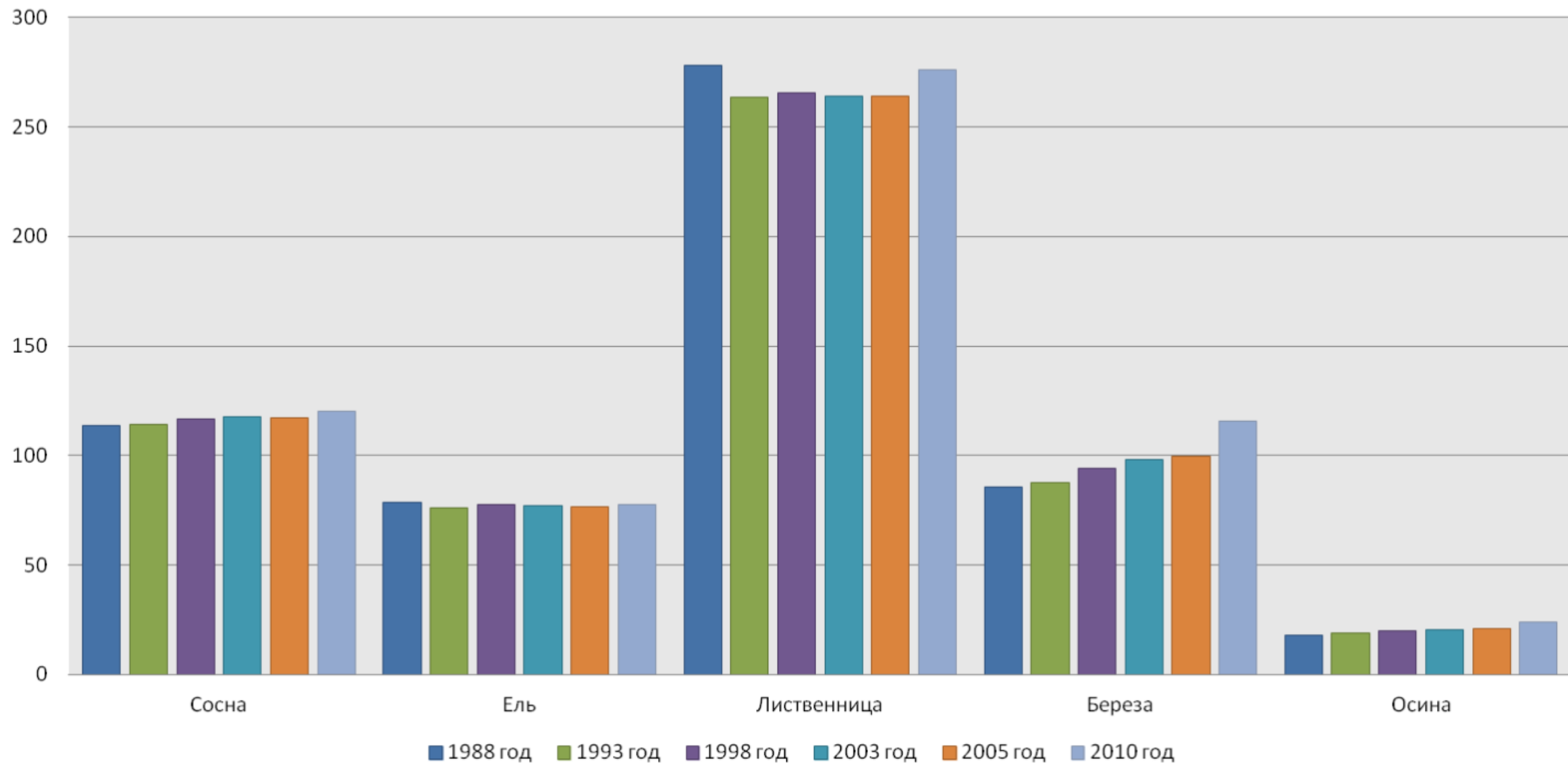
Как создать оптимальную структуру новых материалов и композитов?

Как решить задачу максимальной реализации прочности целлюлозных фибрилл древесины?

Био-рефайнинг древесины лиственницы



Площади основных лесообразующих пород в России (млн. га) данные 2010 года



«От идеи к реализации. Постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года №218».

В 2021 году ООО «Инконалт К» выпустило книгу «От идеи к реализации. Постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года №218». (ООО «Инконалт К» - это российская консалтинговая компания, которая осуществляла сопровождение разработок в сфере научных исследований, инноваций и новых технологий по Постановлению № 218. Эту книгу можно рассматривать как официальные итоги работ, выполненных Университетами по данному Постановлению).

Среди 362 проектов, выполненных в рамках 1-12 очередей по Постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года №218, именно проект **«Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на мировые рынки нового вида товарной целлюлозы)»** (Проект «Лиственница») первым подробно описан на стр. 26-31 данной книги.

Проект «Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на мировые рынки нового вида товарной целлюлозы)»,

Предприятие - АО «Группа «Илим»; Исполнитель НИОТКР - Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД; Начало реализации проекта – 2010; Субсидия (млн руб.) - 144,2; Собственные средства (млн руб.) - 178,5 на момент начала коммерциализации (2014 г.).

ИДЕИ
РЕАЛИЗАЦИИ

Впервые установлено, что арабиногалактан содержится в лиственнице не в чистом виде, а в виде его комплекса с водой.

Группа «Илим» занималась вопросом освоения лиственницы в промышленных целях на протяжении 25 лет; специфические особенности лиственничной древесины ограничивали ее использование при варке до 10-15%. Совместный проект Группы «Илим» и ВШТЭ СПбГУГД, реализованный в рамках исполнения постановления Правительства РФ №218 в период 2010-2014 гг., позволил создать промышленную технологию получения качественной целлюлозы из лиственницы и ее смесей с другими породами. Использование лиственницы для этих целей прежде было неэффективным; она имеет высокую плотность и содержит значительное количество гемицеллюлозы - арабиногалактана, которое затрудняет технологический процесс.

В ходе проекта впервые в мире было установлено, что арабиногалактан содержится в лиственнице не в чистом виде, а в виде его комплекса с водой. Было установлено также, что комплекс «АГ-вода» является эвтектическим низкотемпературным пластификатором древесины. Было установлено также, что данный комплекс может быть удален из древесины в полимерной форме.

ECE UN

ЕЭК ООН

United Nations Economic Commission for Europe

**Innovative technology in
the Russian Forest Sector**

The way to the green economy



UNITED NATIONS
New York and Geneva, 2012

Европейская экономическая комиссия
Организации Объединенных Наций

**Инновационные технологии
в российском лесном
секторе**

Путь к “зеленой” экономике



ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
Нью-Йорк и Женева, 2012

ЕЭК ООН о проекте «Лиственница».

ЕЭК ООН в 2012 г. выпустила отдельную книгу по проекту «Лиственница» - **«Инновационные технологии в российском лесном секторе - Путь к “зеленой” экономике».**

Во вступительном слове Свен Алкалай, Исполнительный секретарь ЕЭК ООН, писал: *«Настоящая публикация рассматривает новый подход к комплексной переработке биомассы лиственницы в качестве примера инновационной разработки. ЕЭК ООН выявляет и изучает лучшие практики внедрения новых технологий и инновационных решений. Совместная работа ОАО Группы «Илим» и Университета является первым примером государственно-частного партнерства в области производства целлюлозы и бумаги в Российской Федерации».*

Инновационные методы организации НИОКР предполагают использование

- механизма государственно-частного партнерства,
- одновременную реализацию фундаментальных, инженерных и научно-исследовательских работ,
- целевое развитие экспериментальной и лабораторной базы,
- переход от лабораторных исследований к опытным испытаниям на производственных объектах,
- системный анализ текущего состояния и тенденций на мировых рынках как в целлюлозно-бумажной, так и в смежных отраслях.
- Эти методы также предполагают интеграцию исследовательского потенциала российских университетов (2) и научно-исследовательских институтов (11) с потенциалом иностранных исследователей и инженеров, в том числе российских ученых, работающих за рубежом;
- использование новейшего технологического лабораторного оборудования в отечественных и международных исследовательских центрах;
- широкое использование потенциала студентов вузов (90), аспирантов (9) и молодых ученых.

Геоинформационная система спутникового мониторинга лесных ресурсов в рамках проекта «Лиственница»

Geographic Information System of Satellite Forest Resource Monitoring in Framework of Project "Larch"

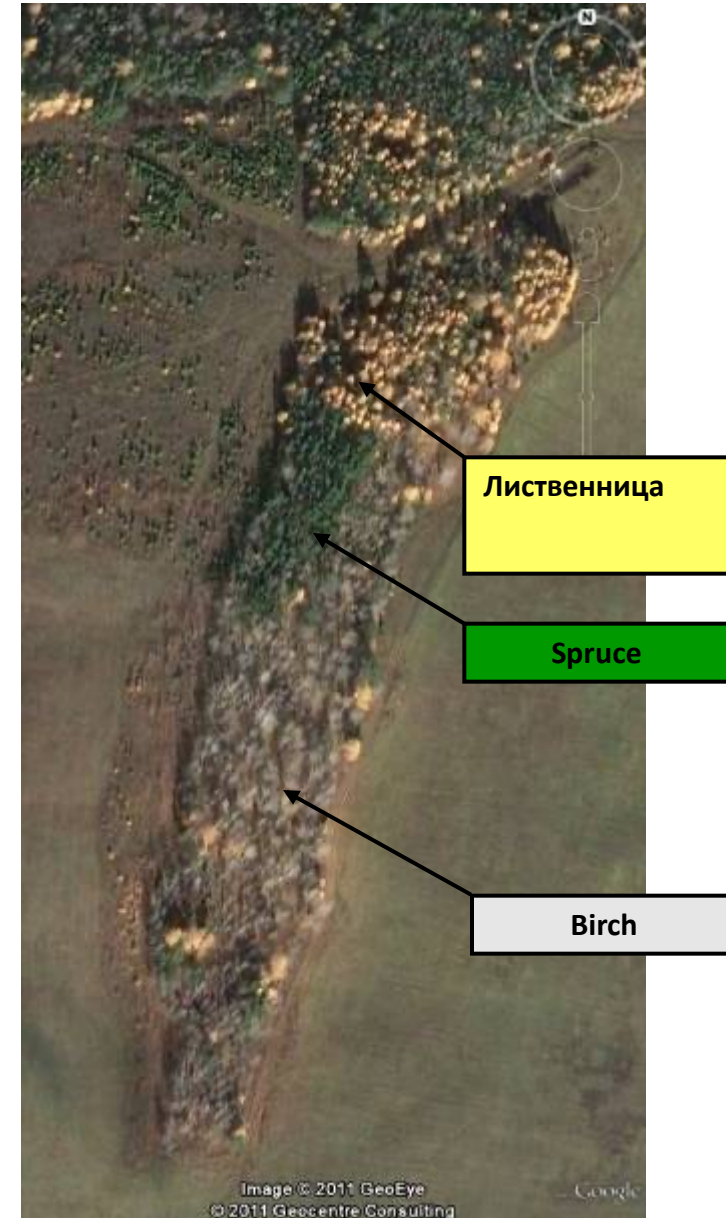
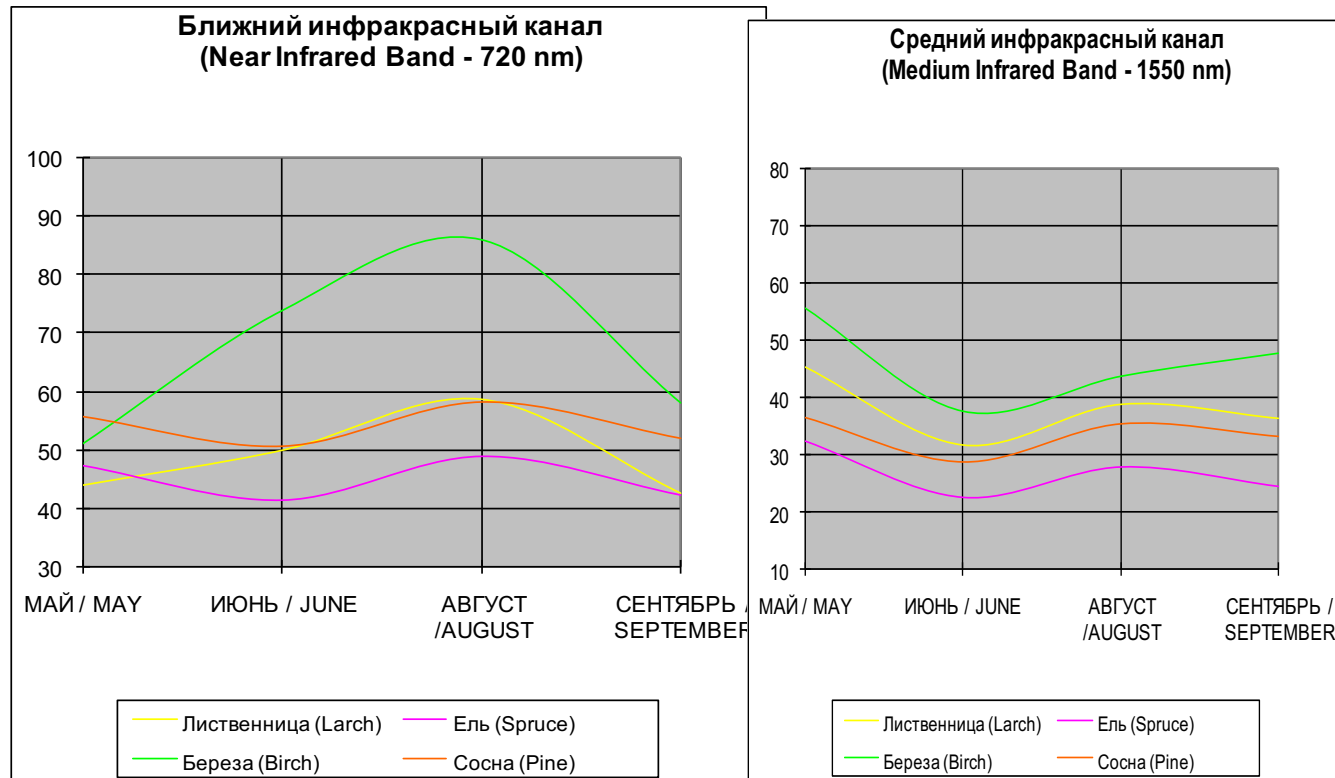
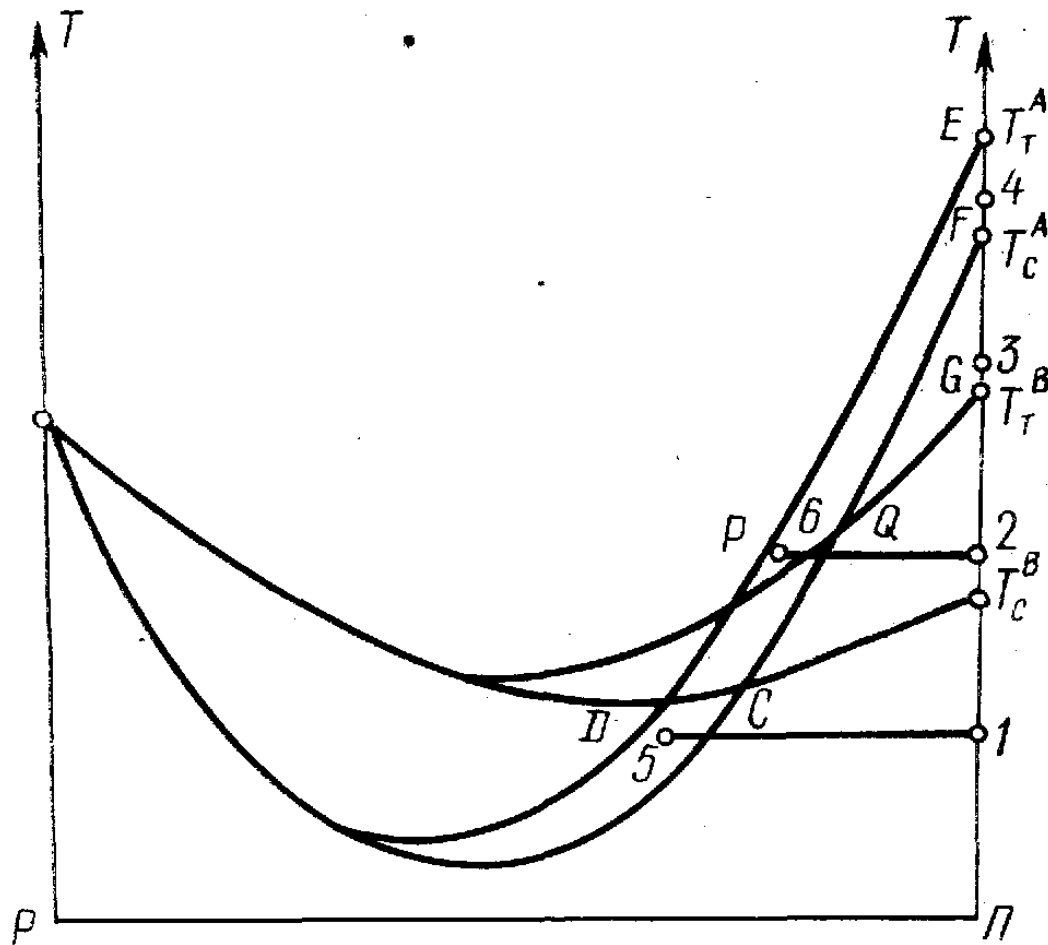
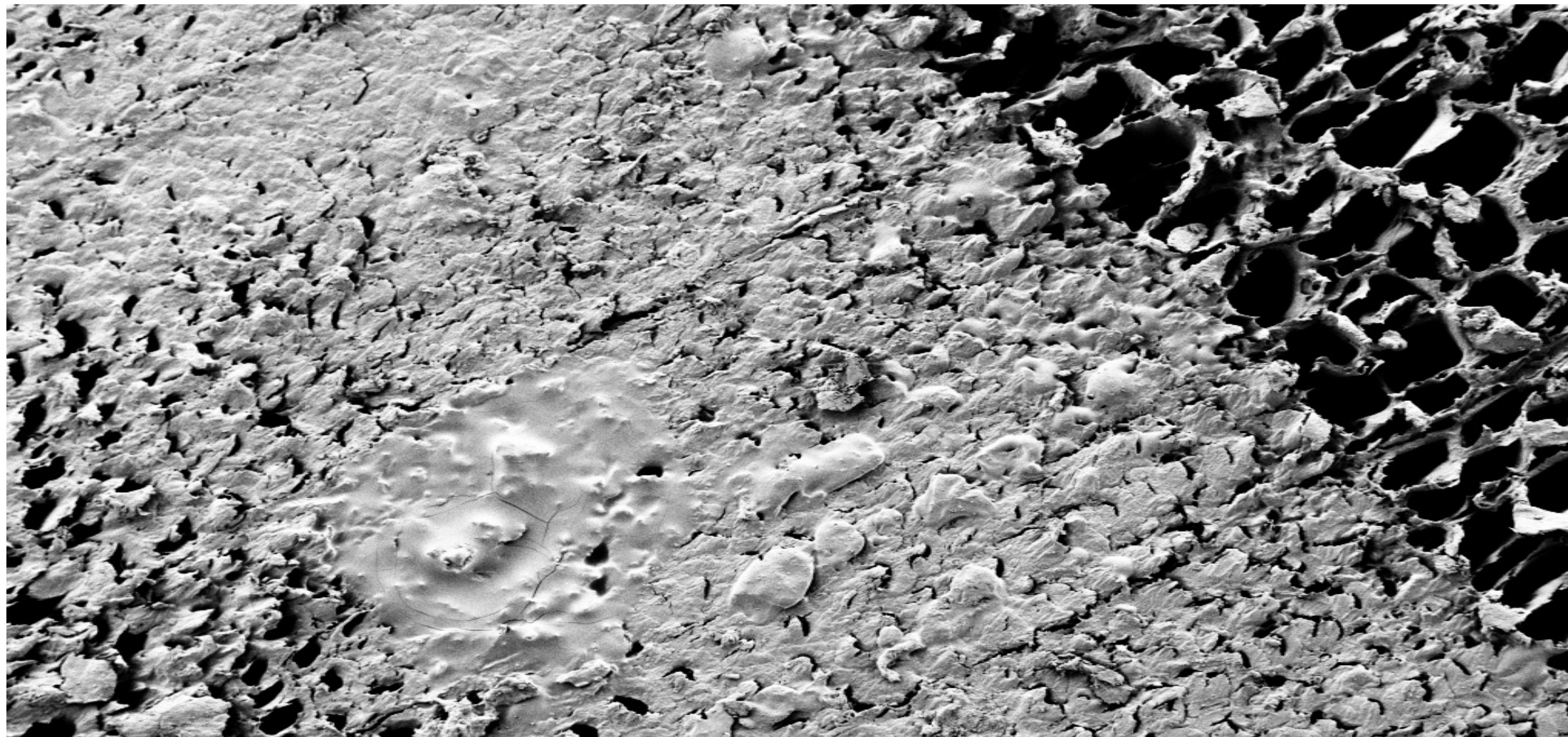


Диаграмма релаксационных состояний системы полимерных компонентов древесины лиственницы

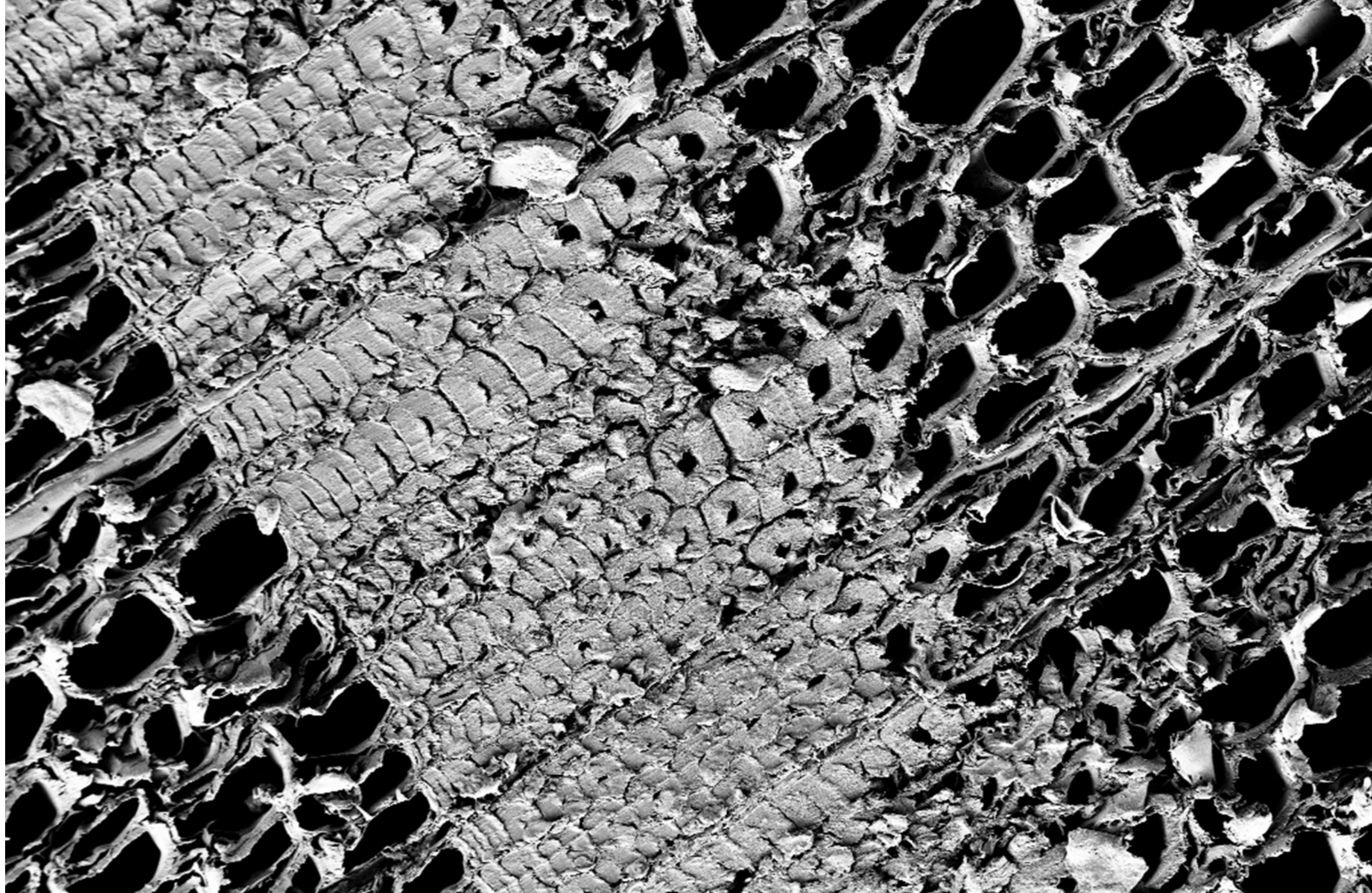
EPQF — область взаимодействия арабиногалактана, находящегося в вязкотекучем состоянии, с расстеклованной целлюлозой



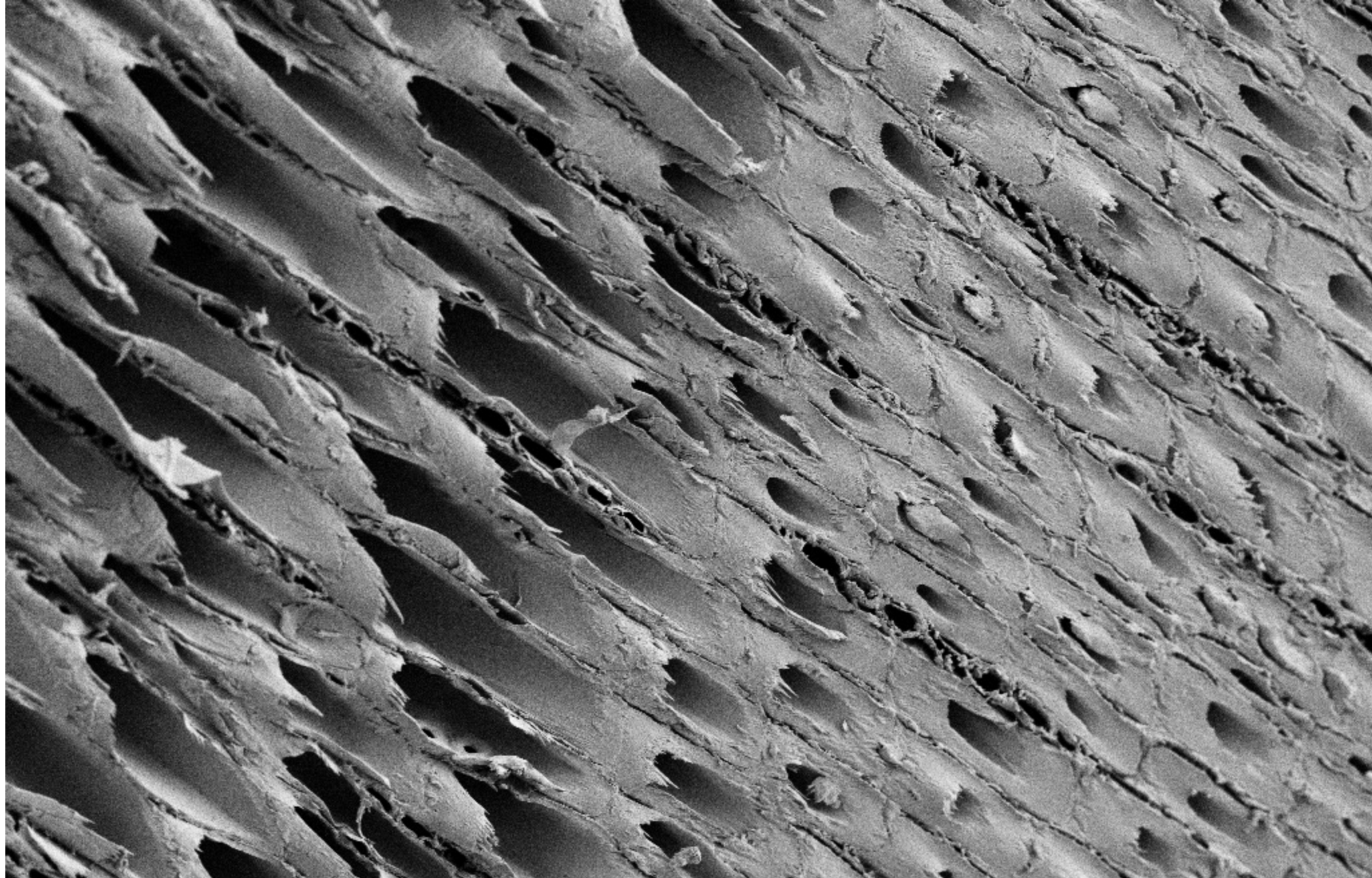
Пленка арабиногалактана на поверхности древесины



Mag = 500 X 20 μ m WD = 8.1 mm EHT = 3.00 kV File No = 2244 Signal A = SE2 Date :1 Apr 2011 Time :13:03:13
Aperture Size = 30.00 μ m Noise Reduction = Line Int. Done Chamber Status = Pumping (



Mag = 500 X 20 μm^* WD = 9.2 mm System Vacuum = 3.94e-006 mbar Signal A = SE2 Date :25 Mar 2011 Time :16:38:15



Mag = 500 X
20 μ m
—|—

WD = 4.4 mm EHT = 3.00 kV
Aperture Size = 20.00 μ m

File No = 3471

Signal A = SE2 Date :13 May 2011 Time :12:51:22
Noise Reduction = Line Int. Done Chamber Status = Pumping (



Mag = 8.00 K X

1 μm^*

WD = 9.2 mm

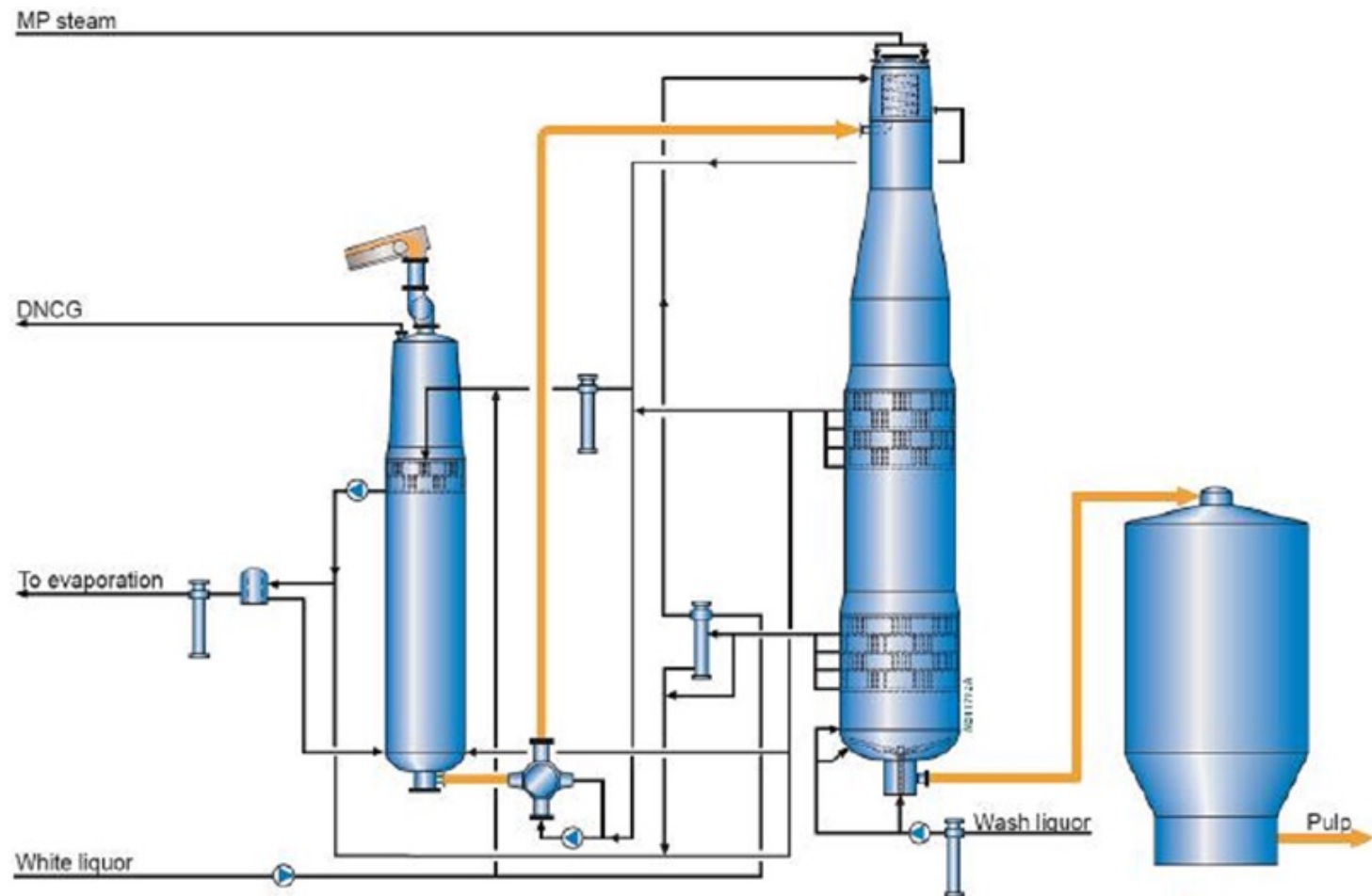
System Vacuum = 4.24e-006 mbar

Signal A = SE2

Date :25 Mar 2011

Time :16:35:45

Принципиальная технологическая схема системы Comrac Cooking G2, с отдельно стоящей пропиточной колонной IMPBINTM





В 2017 году фактический объем продаж превысил 60 миллиардов рублей.

Разработка новой технологии стала настоящим прорывом в отрасли. Созданные в рамках сотрудничества Группы «Илим» и СПбГУПТД способы получения целлюлозы не имеют мировых аналогов и защищены 19 патентами. Реальные объемы продаж новой продукции значительно превысили прогнозные. В 2014 году, когда начался этап коммерциализации проекта, при запланированных 1102 млн рублей продаж фактический показатель составил 2 620,8 млн рублей. **В 2017 году при плане продаж на уровне 12672 млн рублей фактический объем достиг 61 513 млн рублей.**

«Усть-Илим 23» - продолжение проекта «Лиственница»?

В конце 2023 года Группа «Илим» вводит в эксплуатацию целлюлозно-картонный комбинат (ЦКК) в Усть-Илимске Иркутской области. Объем инвестиций в строительство составил 93 млрд рублей. После выхода ЦКК на проектную мощность - 600 тыс. т крафтлайнера в год, общий годовой объем производства «Илима» достигнет 4,3 млн т.

В лесосырьевой базе Группы «Илим» в Сибири на долю лиственницы приходится свыше 35%. Поэтому Усть-Илимский ЛПК практически будет использовать все научные и технологические разработки, созданные в результате проекта «Лиственница»

Биорефайнинг и «Принцип каскадирования»

«Принцип каскадирования» описывается в документах ФАО ООН как: «последовательное использование ресурсов, например, древесины, путем их повторного использования, переработки и, возможно, конечного производства энергии, для сохранения своего материального статуса и твердого углерода, насколько это практически возможно, совместимого с рыночными механизмами и логистикой». Из этого принципа вытекает, что именно использование древесины в виде биотоплива является наиболее эффективной заключительной стадией жизненного цикла древесины. Рыночные стимулы считаются решающими, и также важна «циркулярная, круговая» роль изделий из древесины с более коротким сроком службы, которые могут быть повторно использованы или переработаны.

Биорефайнинг лиственницы – переработка опилок

На основе переработки опилок лиственницы нами разработана и внедрена **новая технология производства целлюлозных композитов энергетического назначения - древесных брикетов плотностью до 1300-1320 кг/м³.**

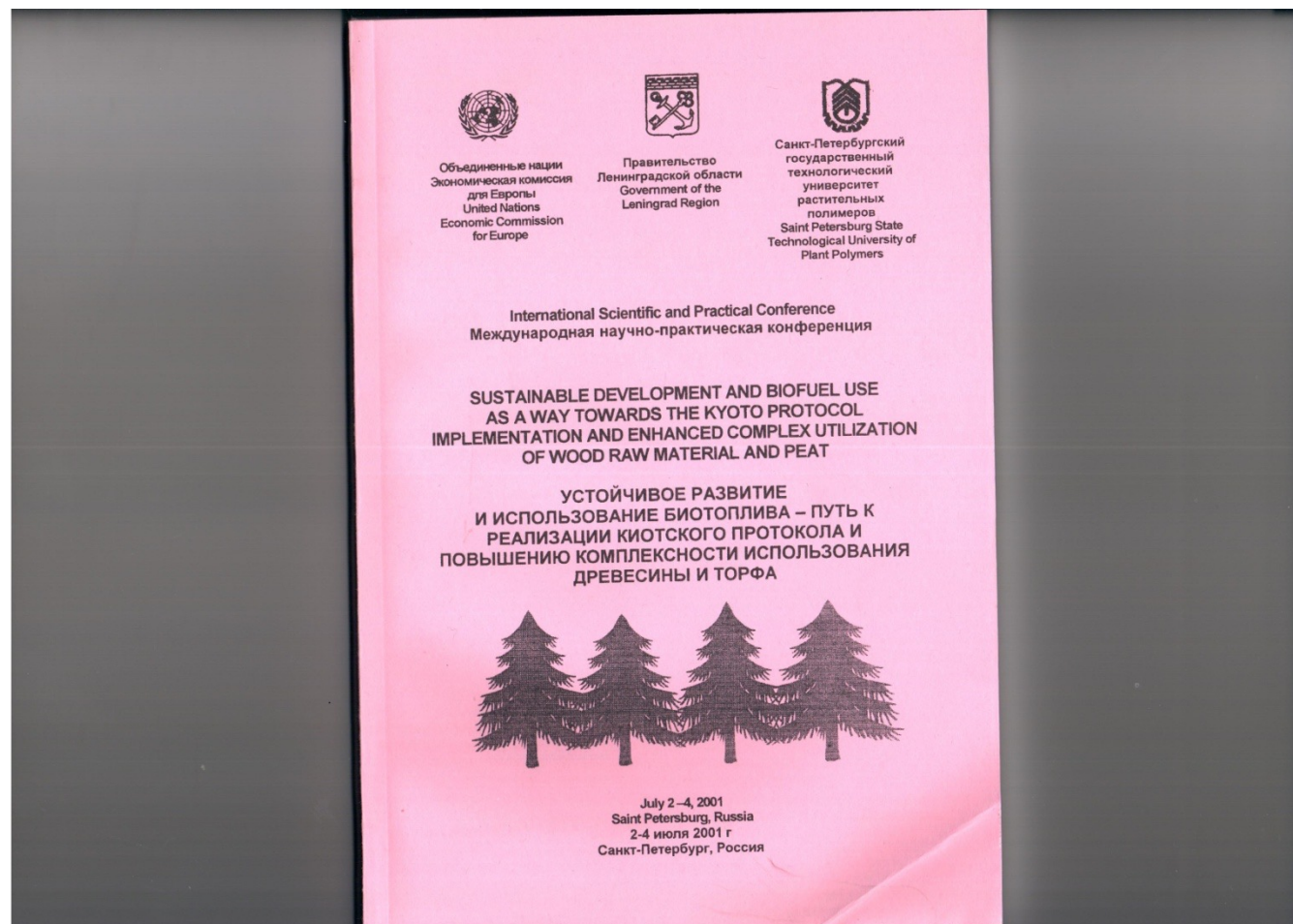
Технология основана на направленном изменении релаксационного состояния полимерных компонентов древесины на основных стадиях производства. Переход на энергосберегающую технологию осуществляется за счет хрупкого разрушения опилок, высушенных в аэродинамических условиях практически до нулевой влажности, и их диспергирования - превращения в порошкообразный материал.

Экструдирруемость порошка обеспечивается последующим увлажнением паром. Аномалия кажущейся вязкости древесной системы в экструдере обеспечивается совместным действием паров воды, газообразных продуктов пиролиза, а также температурных и сдвиговых напряжений.

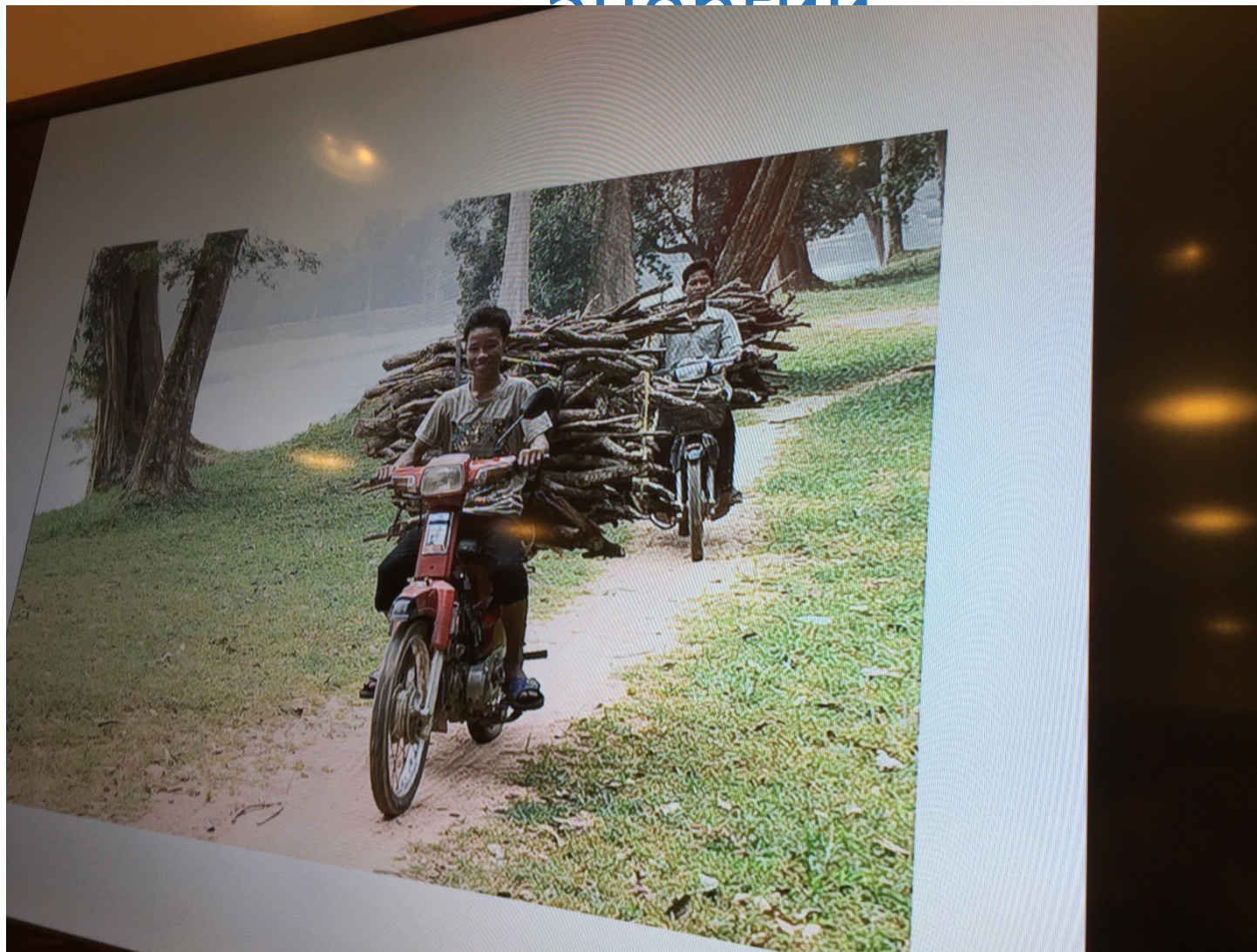
В результате прессования получают древесные брикеты плотностью до 1300-1320 кг/м³. Обладая высокой плотностью, эти брикеты могут подвергаться торрефикации и карбонизации с образованием высококалорийных гидрофобных продуктов – торрефицированных брикетов (ТБ) и карбонизированных брикетов (КБ), пригодных как для сжигания, так и для депонирования углерода. При этом в состав брикетов вместе с древесными отходами могут входить и сульфатный лигнин, и отходы синтетических полимеров (доклад В.А. Рыжикова и др. 14.09.23.), и солома риса (презентация Е. Ламбрианиди и др.- 15.09.23) .

Россия в 2021 г. экспортировала 2,3 млн тонн пеллет и брикетов.

Отрасль био-топлива и в России и в мире создана за последние 15-20 лет



Свыше двух миллиардов людей на Земле используют дрова как основной источник энергии



Доклады Э.Л. Акима и А.А. Пекарца в Женеве на Европейской неделе Леса (05.11.2019)



Релаксационное состояние древесины и получение целлюлозных композитов энергетического назначения — древесных брикетов и пеллет

*Рассмотрены изменения релаксационного состояния полимерных компонентов древесины на основных стадиях производства целлюлозных композитов энергетического назначения — древесных пеллет и брикетов. Показана возможность перехода **к энергосберегающей технологии за счет осуществления диспергирования в условиях направленного хрупкого разрушения опилок** при их превращении в порошок и обеспечения экструдированности порошка при последующем паровом увлажнении. Обнаружена аномалия кажущейся вязкости древесной системы в экструдере из-за совместного воздействия паров воды, газообразных продуктов пиролиза, температуры и сдвиговых напряжений.*

ВСЕ МАТЕРИАЛЫ. Энциклопедический справочник. 2020, №9, с.3-8

Э. Л. Аким, А. А. Пекарец, С. З. Роговина, А. А. Берлин, академик РАН

Основные стадии инновационной технологии биотоплива третьего поколения и его сжигания

1. Хрупкое разрушение древесины.
2. Экструзия в режиме минимальной ньютоновской вязкости
3. Торрефикация в условиях доминирующего рекуператора.

Многоступенчатое сжигание:

- Газификация в условиях недостатка кислорода (лямбда-датчики);
- Вихревое сжигание в смеси со вторичным воздухом;
- Охлаждение отходящих газов ниже точки росы.

Промышленная реализация и перспективы

В настоящее время в России успешно работают 5 линий по производству древесно-угольных брикетов. Первая линия запущена 01 июля 2015 года. Производительность линии - 60-75 т/сут. Работает на смешанных опилках (свежих и хранящихся на отвалах). В прошлом, 2022 году в Риге, Латвия, открылся цех по производству оборудования. **Производительность цеха - 10-15 линий/год.** Древесные брикеты высокой плотности, торрефицированные и карбонизированные брикеты и пеллеты фактически являются биотопливом третьего поколения.

На наш взгляд, разработанная нами технология – торрефикации рисовой соломы, с последующим сжиганием в котлах с кипящим слоем, представляет большой интерес для **Индии, в которой, после уборки риса в некоторых штатах образуется около 30 млн т растительных остатков, из них 19 млн т — в Пенджабе.** Почти половина из них сжигается на полях, создавая огромную экологическую проблему [[https:// energy. economic times. India times. com / news / coal / cpcb - plans - to - subsidise - pellet - manufacturing - for - green - fuel /94749466? redirect =1](https://energy.economic-times.com/news/coal/cpcb-plans-to-subsidise-pellet-manufacturing-for-green-fuel/94749466?redirect=1)].

Центральное правительство Индии намерено продвигать использование зеленого топлива для уменьшения загрязнения окружающей среды.

Гора опилок в Качуге – типичная картина для ДПК



Гора опилок – типичная картина
для всех предприятий
лесопромышленного комплекса



Задача мирового уровня

Обеспечение углеродной нейтральности и реализация стратегии низкоуглеродного развития, переход к циркулярной био-экономике.

Актуальность для Российской Федерации

Россия обладает крупнейшими в мире площадями природных лесов. Лесопромышленный комплекс России заготавливает в год свыше 200 млн. кубометров древесины, свыше 75% из нее превращает в отходы, при био-разложении которых образуется углекислый газ.

Деятельность научной школы ВШТЭ

Создание производства твердого био-топлива третьего поколения (и эффективных методов его сжигания) на базе переработки всех видов древесных отходов.

Результат деятельности научной школы

Новый, более эффективный способ снижения природных и производственных выбросов диоксида углерода, а также реализация нового направления секвестирования углерода.

Инновационный задел

Реализованная в опытно-промышленных масштабах инновационная технология получения древесных брикетов сверхвысокой плотности. Фундаментальная концепция об определяющей роли релаксационных состояний полимерных компонентов древесины в природе и при ее переработке. Многочисленные патенты, диссертации и реализованные технологии.

Создание производства твердого **БИО-ТОПЛИВА** третьего поколения и эффективных методов его сжигания.

Биотопливо 1-го поколения

ДРОВА

Плотность 200-300 кг/м³
Теплотворная способность
4000-5000 ккал/кг



Биотопливо 2-го поколения

ПЕЛЛЕТЫ

Плотность 600-800 кг/м³
Теплотворная способность
до 6000 ккал/кг



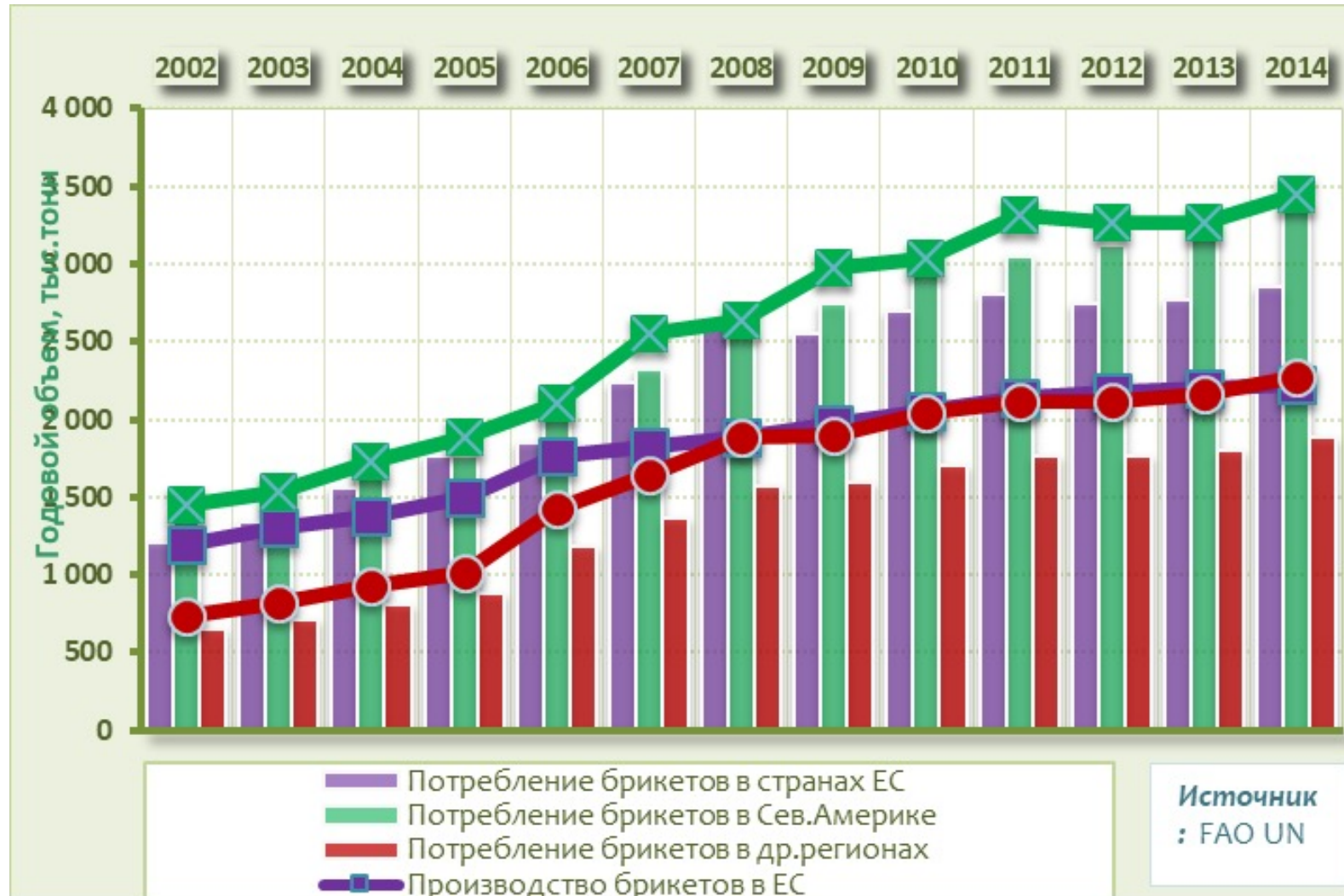
Биотопливо 3-го поколения

ТОРРЕФИЦИРОВАННЫЕ БРИКЕТЫ

Плотность ~1200 кг/м³
Теплотворная способность
8000-9000 ккал/кг



Динамика потребления и производства древесных топливных брикетов в Европе с 2002 по 2014 год, тыс. тонн. (по данным С. Передерия)



Настройки
вращающегося поля

Гидростанция

Катушка Y1: ☐
Катушка Y2: ☐
Давление: ☒
Темп. ОК: ☒
Уровень: ☒

Поддерживать
уровень!

Настроить
уровень

4 Hz
7 A

55.0 Hz
2.1 A

25.0 Hz
4.0 A

19.1 Hz
6.3 A

50.0 Hz
1.0 A

уст. 640 C
637.7 C

100 %

40.0 Hz
27.0 A

100 %

уст. 125.1 C
+0 C
125.2 C

45.0 Hz
98.7 A

Настроить
коллайдера

Настроить
коллайдера

Автоматический режим

50.0 Hz
0.9 A

0 %

0.0 Hz
0.0 A

14 C

14 C

0.0 Hz
0.0 A

0.0 Hz
0.0 A

0.0 Hz
0.0 A

Пресс: 1 Пресс: 2

324 C

Скорость брикета:
0.00 m/min

0.0 Hz
0.0 A

0.0 Hz
0.0 A

29 C

Скорость брикета:
0.00 m/min

Газ в
печь

Запустить
пироканеру 1!

Тепло
из печи

Запустить
пироканеру 2!

Газ в
печь

0 %



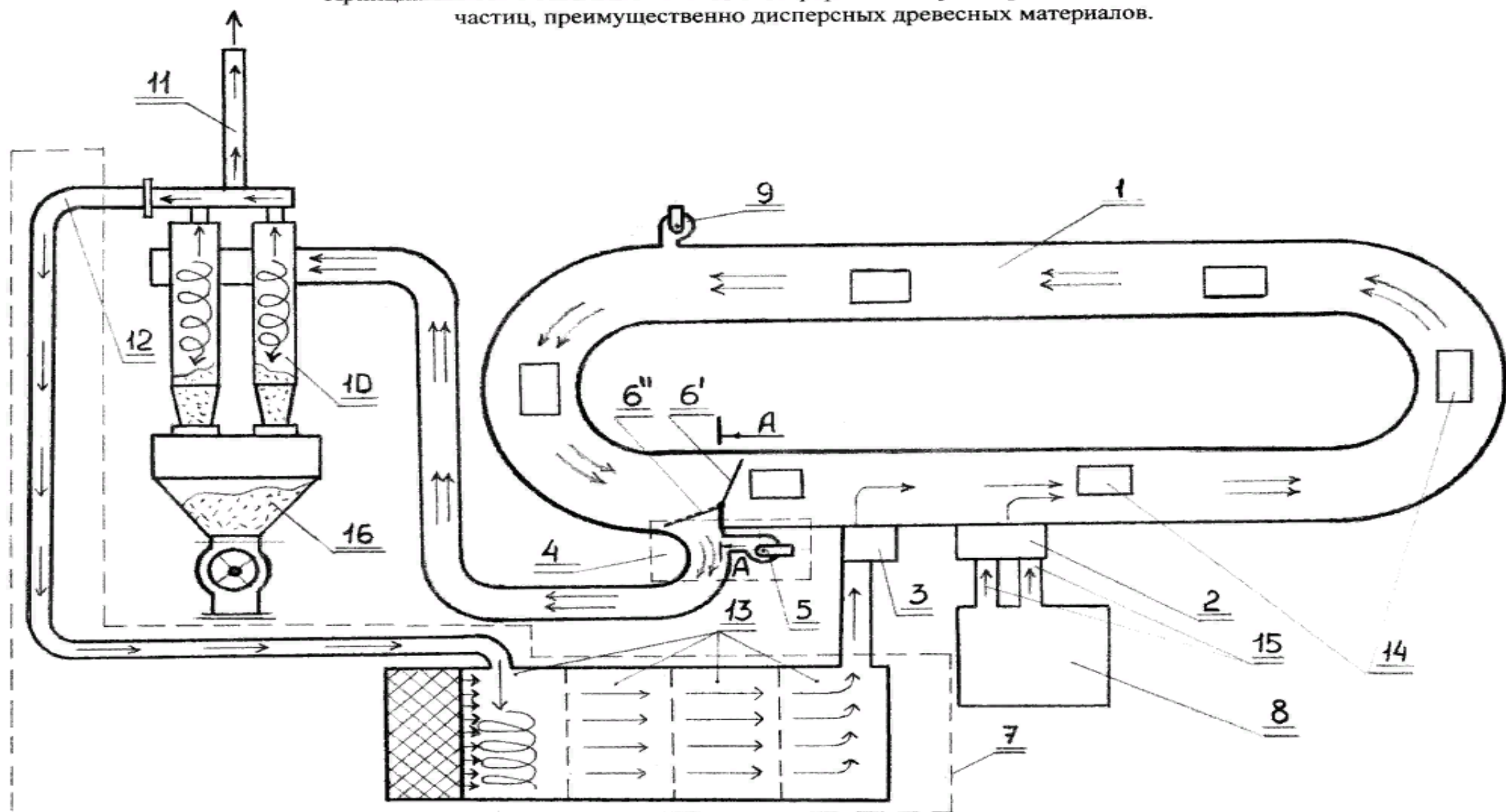
Вид на Коллайдер на заводе в Латвии



Коллайдер в работе



Принципиальная схема комплекса для непрерывной термообработки твердых мелких частиц, преимущественно дисперсных древесных материалов.



ФИГ.1

Сжигание лесосечных отходов в Иркутской области



Стоимость дров с доставкой в отдаленных районах России

**Для обеспечения социальных нужд Шурышкарского и
Приуральского районов Ямало-Ненецкого автономного округа
текущая цена с учетом всех затрат по доставке до конечного
потребителя достигает**

10 тысяч рублей за кубометр !!!

The Drax Electricity Power Station

Электростанция Drax Electricity

- **4000 MW**
- **4000 МВт**
- **7% от общих потребностей Великобритании в электроэнергии**
- **2 линии, работающие на 100% гранулах**
- **3-я линия работает почти на 100% гранулах**
- **Каждая линия использует 2,5 миллиона тонн пеллет в год ... 7,5 миллионов тонн в год!**
- **Каждые 3 дня требуется судно с 50 000 тонн пеллет**

Совместная карбонизация брикетов и горбыля



Независимая Газета Печатная версия

11.09.2023 17:55:00

Древесина и декарбонизация в условиях санкций Как трансформировать небольшой сегмент лесопереработки в полноценный сегмент энергетики

Михаил Аким Эдуард Аким

Об авторах: Михаил Эдуардович Аким – доктор философии (PhD), профессор Высшей школы бизнеса НИУ ВШЭ, Эдуард Львович Аким – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой ВШТЭ СПбГУПТД, почетный член Консультативного Комитета ФАО ООН по устойчивости лесного сектора.

ТВЕРДОЕ БИОТОПЛИВО И НИЗКОУГЛЕРОДНАЯ ЭКОНОМИКА в России и мире

Аким Эдуард Львович

заведующий кафедрой технологии целлюлозы и композиционных материалов СПб ГУПТД, Почетный Член Консультативного Комитета ФАО ООН по устойчивости Лесного сектора, Член научного совета РАН по лесу, профессор, д.т.н.

Пекарец Александр Андреевич

доцент кафедры технологии целлюлозы и композиционных материалов СПб ГУПТД, Научный руководитель Лесной Технологической Компании, к.т.н.

Аким Михаил Эдуардович

профессор Высшей школы бизнеса НИУ ВШЭ, PhD, MBA

Луканин Павел Владимирович

Первый проректор СПб ГУПТД, Директор Высшей школы технологии и энергетики, профессор, д.т.н.

Федорова Олеся Вячеславовна

доцент кафедры технологии целлюлозы и композиционных материалов СПб ГУПТД, проректор по дистанционному обучению СПб ГУПТД, к.т.н.

Роговина Светлана Захаровна

ведущий научный сотрудник Института Химической Физики им. Н.Н. Семенова РАН, д.х.н.

Берлин Александр Александрович

Академик РАН – Научный руководитель Института Химической Физики им. Н.Н. Семенова РАН

ЗА ДВАДЦАТЬ ПЯТЬ ЛЕТ В МИРЕ РОДИЛАСЬ И БЫСТРЫМИ ТЕМПАМИ РАЗВИВАЕТСЯ ПРАКТИЧЕСКИ НОВАЯ ПОДОТРАСЛЬ ЛЕСНОГО СЕКТОРА – ТВЕРДОЕ БИОТОПЛИВО ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ – ПЕЛЛЕТЫ И БРИКЕТЫ. В 2022 ГОДУ МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНЫХ ПЕЛЛЕТ ДОСТИГЛО 50 МЛН ТОНН; В 2021 ГОДУ РОССИЯ ПОСТАВИЛА НА МИРОВЫЕ РЫНКИ 2,3 МЛН ТОНН ДРЕВЕСНЫХ ПЕЛЛЕТ, ПРИБЛИЗИВ СВОЮ ДОЛЮ К 5%. В НЕДАВНО ОПУБЛИКОВАННОМ НОВОМ ОТЧЕТЕ BRITISH PETROLEUM – REPORT 2023, ПРОГНОЗИРУЕТСЯ УТРОЕНИЕ ТЕМПОВ РОСТА БИОТОПЛИВА ДО 2050 ГОДА

IN TWENTY-FIVE YEARS, A NEW SUB-SECTOR OF THE FORESTRY industry HAS BEEN BORN AND IS RAPIDLY DEVELOPING IN THE WORLD, NAMELY THE PRODUCTION OF PELLETS AND BRIQUETTES, WHICH IS A SECOND-GENERATION SOLID BIOFUEL. IN 2022, THE GLOBAL PRODUCTION OF WOOD PELLETS REACHED 50 MILLION TONS; IN 2021, RUSSIA SUPPLIED 2.3 MILLION TONS OF WOOD PELLETS TO WORLD MARKETS, BRINGING ITS SHARE CLOSER TO 5%. BRITISH PETROLEUM'S RECENTLY RELEASED NEW 2023 REPORT PREDICTS A TRIPLING OF BIOFUEL GROWTH RATES BY 2050

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биотопливо, пеллеты, изменение климата, древесина, антропогенные выбросы.

Россия – экспортер пеллет и брикетов

В 2019–20 году Россия экспортировала 2,32 млн тонн древесных пеллет – 6% от мирового объема производства пеллет. (ФАО 2019 – Древесные пеллеты и прочие агломераты – 46 миллионов тонн). В первом полугодии 2021 года производство топливных пеллет увеличилось на 19%, цены на гранулы прибавили 17%.

В значительной степени рождения и быстрые темпы развития твердого биотоплива второго поколения – пеллет и брикетов обусловлено тем,

что они как правило производятся из опилок, т.е. многотоннажных отходов переработки древесины, и тем самым решается проблема их утилизации. Кроме того, благодаря использованию современных систем сжигания резко увеличивается энергоэффективность.

При этом, если весь объем производства пеллет в России изготавливался на импортном оборудовании и по зарубежным технологиям, то производство брикетов осуществляется по разработанной в России инновационной энергосберегающей технологии – древесных брикетов,

с плотностью до 1300–1320 кг/м³ [5–10]. Нами разработаны не только описываемые далее научные основы и принципы этой технологии, но и сама технология; она запатентована и реализована в России на 5 технологических линиях, производящих древесные, древесно-угольные и торрефицированные брикеты. Все эти линии работают на опилках и древесных отходах. Кроме того, в Латвии, в Риге не только запущено аналогичное производство брикетов, но и организован выпуск оборудования и самих технологических линий малыми сериями – до 10-15 линий в год. Эта технология обеспечивает получение твердого биотоплива высокой плотности (HDSBF) – целлюлозных композитов энергетического назначения — древесных брикетов, с плотностью до 1300–1320 кг/м³ [5–10], в то время как плотность кристаллических областей целлюлозы – около 1500 кг/м³. Такая высокая плотность качественно меняет многие свойства как самих брикетов, так и их поведение при дальнейшей торрефикации и карбонизации. Именно это позволяет называть их «твердым биотопливом третьего поколения». По инновационной технологии биотоплива третьего поколения – твердого биотоплива высокой плотности (HDSBF) – целлюлозных композитов энергетического назначения, из отходов гидролизного лигнина (Станция Зима) получены топливные брикеты со свойствами торрефицированных брикетов. Основы инновационной технологии были представлены на многих международных конференциях, включая доклад в Женеве на Международной лесной неделе ФАО ООН/ЕЭК ООН [10].

МГЭИК и биотопливо

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) 20 марта 2023 г. опубликовала Шестой доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [11]. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) – это орган Организации Объединенных Наций, ответственный за оценку состояния научных знаний, связанных с изменением климата. Она была учреждена в 1988 году Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) и

Всемирной метеорологической организацией (ВМО) для предоставления политическим лидерам регулярных научных оценок, касающихся изменения климата [12]. В МГЭИК, являющейся ведущим международным органом по оценке изменения климата, входят 195 государств-членов, которые являются членами ООН или ВМО. Цель МГЭИК, созданного при Организации Объединенных Наций – прежде всего обобщить наиболее устойчивую и тщательно проверенную совокупность знаний об изменении климата. Опубликованное исследование является серьезнейшим документом, качество которого обеспечивается вовлечением лучших ученых из 65 стран. В трех рабочих группах, принимавших участие в отчете, 782 ученых (и еще сотни авторов), проанализировали более 66 000 исследований. Таким образом, нет оснований ставить под сомнение результаты данного исследования, так как аргументированно опровергать представленные в нем сценарии можно было бы только на основании сопоставимых по масштабам исследований. На данный момент это самый большой, наиболее хорошо проверенный массив научных знаний, который преобразуется в полезную и эффективную политику на уровне государств и компаний.

Обобщающий доклад МГЭИК, утвержденный в ходе недельной сессии в Интерлакене (Швейцария) – это первый всеобъемлющий отчет климатической группы ООН после Парижского соглашения 2015 года, который знаменует собой заключительную главу шестого цикла оценки группы. Ожидается, что его результаты послужат руководством по преодолению чрезвычайной климатической ситуации [13].

В связи с публикацией Шестого доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) Генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш охарактеризовал отчет как «настоятельный призыв к массовому ускорению усилий по борьбе с изменением климата каждой страной, каждым сектором и в любой период времени». В отчете, опубликованном Межправительственной группой экспертов ООН по изменению

климата (МГЭИК) ведущие ученые-климатологи призывают к корректировке курса по борьбе с климатическими изменениями: текущих или даже запланированных мер недостаточно; в нем говорится, что мир, вероятно, не достигнет в течение десятилетия своей самой амбициозной климатической цели – ограничения потепления на 1,5 °C выше доиндустриального уровня. МГЭИК заявила, что беспрецедентная проблема удержания глобального потепления стала еще более серьезной в последние годы из-за неуклонного увеличения глобальных выбросов парниковых газов. Эксперты считают, что глобальные выбросы должны быть сокращены почти вдвое к 2030 году. Температурный порог в 1,5 °C признан критически важным, поскольку за пределами этого уровня более вероятны так называемые переломные моменты, то есть пороги, при которых небольшие изменения могут привести к резким сдвигам во всей системе жизнеобеспечения Земли. «Внедрение эффективных и справедливых мер по борьбе с изменением климата не только сократит потери и ущерб для природы и людей, но и принесет более широкие выгоды», – считает председатель МГЭИК Ли Хосун [11].

В Шестом докладе МГЭИК изложены краткосрочные действия и поэтапный отказ от ископаемого топлива, необходимые для поддержания повышения температуры ниже 1,5 °C. Показано, что существует огромный потенциал для расширения реальных решений, включая меры по сокращению спроса на энергию, для быстрого сокращения, необходимого для удержания повышения температуры ниже 1,5 °C.

Древесина и ЦУР – смена концепций?

Для начала отметим те события (исключая политические), которые произошли на планете Земля за последние месяцы.

- Население нашей планеты превысило восемь миллиардов человек и продолжает расти.
- Индия стала самой многочисленной страной мира, обогнав Китай.

Био-рефайнинг древесины ОСИНЫ

Необходимая и достаточная белизна офисной бумаги.

На протяжении десятилетий экологические движения по всему миру требовали снизить белизну копировальной бумаги до уровня, необходимого и достаточного для того, чтобы она функционировала как средство хранения информации.

Большинству пользователей этой бумаги подойдет существенно более низкий уровень, так как жизненный цикл многих видов бюрократической документации (квитанции, счета, справки и т.д.) очень короткий, и чем дешевле они стоят, тем лучше. Чрезмерная белизна бумаги с оптическими отбеливателями даже вредна для глаз человека (по санитарным нормам ISO белизна школьных тетрадей не должна превышать 80).

Стандарт белизны бумаги класса С в США до середины 2000-х годов составлял 84.

Проблемы с офисной бумагой в РФ в 2022г.

Зимой 2022 года в связи с санкционной политикой ряд стран прекратили импорт белой бумаги в РФ, а некоторые иностранные производители объявили о прекращении поставок химикатов, в том числе используемых для отбелики целлюлозы.

Базируясь на ранее проведенных Светогорским ЦБК и Кафедрой ТЦКМ совместных научно-исследовательских работах по био-рефайнингу осины и поэтапной эколого-технологической реконструкции ЦБК, в кратчайшие сроки (всего за две недели) был решен ряд сложных технологических задач и запущено производство эко-бумаги TCF с использованием частично беленой лиственной целлюлозы, БХТММ и минеральных наполнителей. Качество такой бумаги соответствует всем требованиям, предъявляемым к офисным бумагам. Была создана и запущена в производство принципиально новая марка офисной бумаги – копировальная бумага ЭКО, не содержащая в своем составе хвойной беленой целлюлозы. Разработана и внедрена в промышленном масштабе технология TCF-отбелики для новой копировальной бумаги ЭКО, состоящей из лиственной целлюлозы (после щелочно-кислородной обработки) и беленой осиновой БХТММ.

Это позволило решить важнейшие социальные задачи по обеспечению бесперебойной работы системообразующего предприятия, а также выполнить Государственную задачу по своевременному проведению ЕГЭ 2022 года в России. Изменение № 1 к ГОСТ Р 57641-2017 «Бумага ксерографическая для оргтехники. Общая спецификация» была разработана для нового продукта. Увеличено количество марок ксерографической бумаги (с трех до четырех) за счет введения новой марки «С», применение которой соответствует действующей редакции ГОСТ Р 57641-2017. Это открывает возможность продвигать этот сорт бумаги для государственных закупок. В 2022 году произведено более 100 000 тонн бумаги ЭКО; она рекомендована для государственных и муниципальных закупок [5].

Эксперименты на оборудовании, производительностью 1000 тонн в сутки

Ранее такое было немыслимо, так как изменения технологических процессов являлись прерогативой поставщиков. Гарантированная поставщиками стабильность показателей требовала использования определенного набора сырья и химикатов, при этом ограничивала возможности изменения процессов. К тому же, в нормальных условиях, без крайней необходимости импортозамещения, мало кто на себя возьмет ответственность **ставить эксперименты на оборудовании, производительностью 1000 тонн в сутки и ценой в миллиард долларов.**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВАРКИ СМЕСИ БЕРЕЗЫ И ОСИНЫ НА МОРФОЛОГИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ И ВОДОУДЕРЖАНИЕ ВОЛОКНА

А.А.Таразанов, Е.А. Бобкова, Ю.Т. Юрьева, О.В. Рыбников, Э.Л. Аким

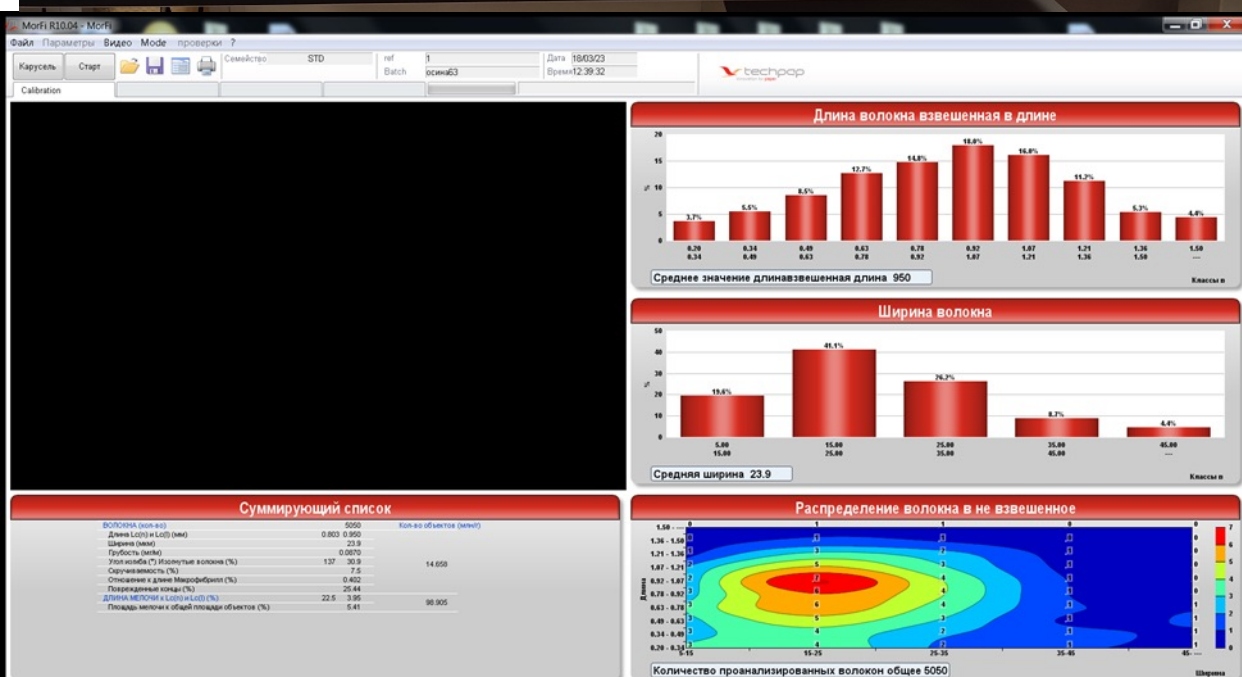
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия

Применительно к новому виду офисной бумаги «ЗКО» рассмотрены различия березовой и осиновой щепы при совместной сульфатной варке смеси перед кислородно-щелочной обработкой. Показано, что осиновая щепа проваривается глубже березовой, а водоудержание осиновой целлюлозы в три-четыре раза, ниже, чем у березовой.

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF BIRCH AND ASPEN MIXTURE
COOKING ON THE MORPHOLOGICAL STRUCTURE AND WATER
RETENTION OF THE FIBER**

Морфология волокон осины и березы и их смеси

смеси

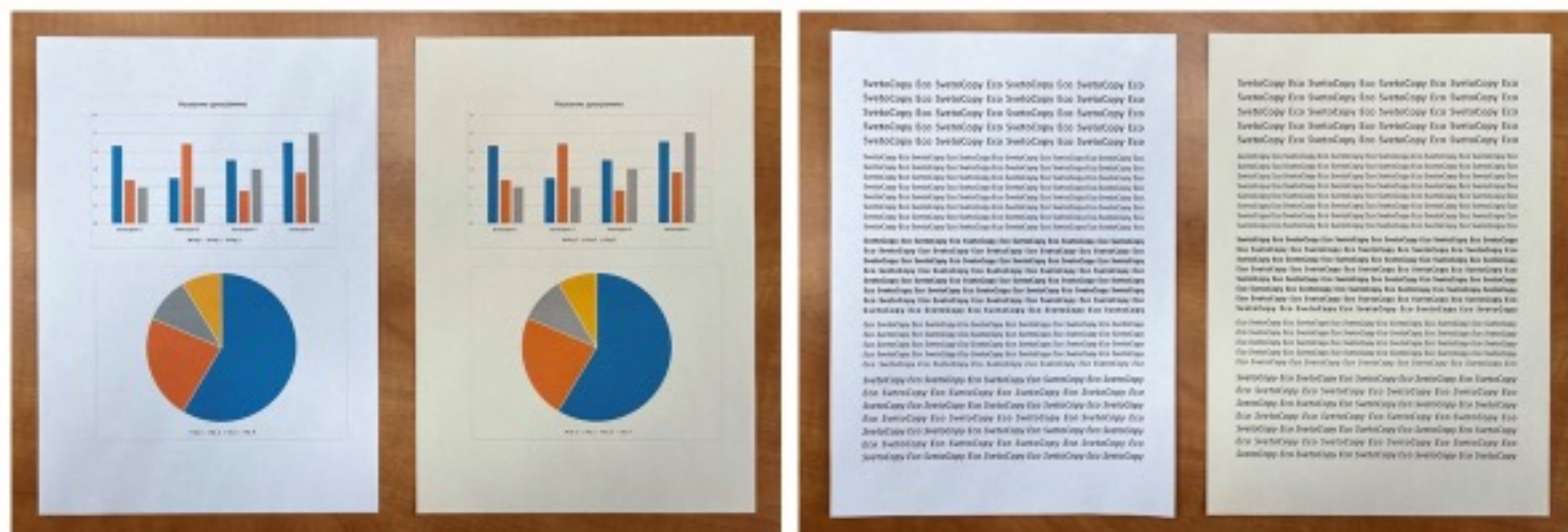


В 2022 году Светогорский ЦБК выпустил 100 тысяч тонн бумаги Эко.

Эксплуатационные свойства бумаги ЕСО соответствуют всем требованиям к копируемой бумаге класса С, а эластичность и релаксационные свойства соответствуют требованиям ко всем сортам копируемой бумаги. Это позволяет использовать бумагу ЕСО во всех типах принтеров. Углеродный след новой копируемой бумаги ЭКО примерно в 1,2-1,5 раза ниже по сравнению с марками А и В. Переход на производство новой офисной бумаги ЭКО резко снижает воздействие предприятия на окружающую среду.

В 2023 году на НПАО «Светогорский ЦБК» удалось поставить на производство бумагу Эко2. Бумага Эко2 производится серийно и за 8 месяцев 2023 года выпущено 26 тыс. тонн на сумму свыше 2 млрд. руб.

Визуальное сравнение классической и эко офисной бумаги



Примерная композиция различных марок офисной бумаги (%) - 1000 тонн в сутки !!!

Марки	А	В	С	Эко	Эко2
	Компоненты				
Хвойная беленая целлюлоза (ECF)	33,5	33,5	33,5	0	0
Хвойная полу беленная целлюлоза (TCF)	0	0	0	0	33,5
Лиственная беленая целлюлоза *полу беленная лиственная целлюлоза	63,5	56,5	51,5	70*	51,5*
БХТММ	3,0	10,0	15,0	30,0	15,0
Мел, химически осажденный, кг/т	206	207	207	163	207
Скорость БДМ, м/мин	1200	1200	1200	900	1200

Проблемы физико-химии полимеров, маркетинга, логистики

- Проблемы «химии мокрой части»: дзета-потенциал, катионная потребность, системы удержания;
- Проблемы логистики (перекоммуникации) потоков волокнистых полуфабрикатов;
- Проблемы маркетинга;
- Проблемы стандартизации на национальном и международном уровне;
- Проблемы «гринвошинга» и зеленого маркетинга;

Circularity concepts in the pulp and paper industry

UNITED NATIONS, Geneva, 2023, p.103

Carbon footprint 60-65 ISO Brightness - copy paper made from unbleached hardwood pulp and aspen Bleached Chemical-Thermomechanical Pulp (BCTMP).

University of St. Petersburg eco-paper from unbleached hardwood pulp and aspen

Oleg Rybnikov, Executive Director; **Alexey Grishin**, EHS Director, Svetogorsk Pulp and Paper Mill;

Eduard Akim, Professor, Pulp and Composite Materials Department of the Higher School of Technology and Energy, St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design, St. Petersburg, 191186 Russia; akim-ed@mail.ru; +7921905 7189

Influence of Relaxation State of Polymeric Components of Wood on Its Fatigue Strength

Chapter 6

2023 Print ISBN: 978-81-19761-00-5, eBook ISBN: 978-81-19761-75-3

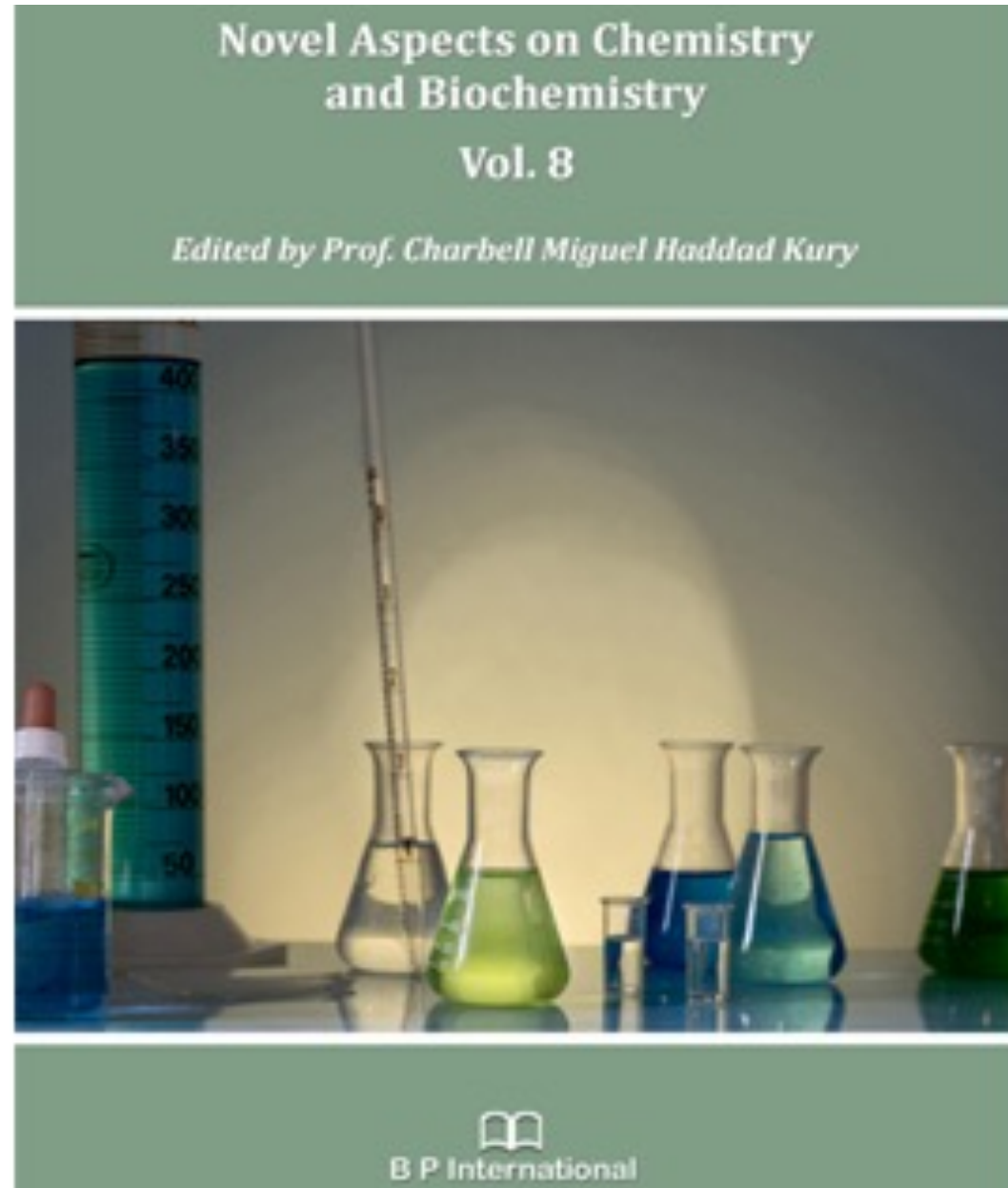
E. L. Akim, S. Z. Rogovina and Al. Al. Berlin

DOI: 10.9734/bpi/nacb/v8/1706G

Peer-Review History:

This chapter was reviewed by following the Advanced Open Peer Review policy. This chapter was thoroughly checked to prevent plagiarism. As per editorial policy, a minimum of two peer-reviewers reviewed the manuscript. After review and revision of the manuscript, the Book Editor approved the manuscript for final publication. Peer review comments,

comments of the editor(s), etc. are available here:
<https://peerreviewarchive.com/review-history/1706G>



The Creation of Composite Materials and Gels on the Base of Arabinogalactan

S. Z. Rogovina E. L. Akim S. A. Dubrovskii A. A. Berlin

Current Innovations in Chemical and Materials Sciences Vol. 3,

11 November 2023 , Page 55-64

<https://doi.org/10.9734/bpi/cicms/v3/1707G>

Abstract

Natural polysaccharide arabinogalactan (AG), contained in Siberian larch in the form of aqua-complex in a liquid state, plays the role of a eutectic plasticizer over a wide temperature range, due to which larch survives at low temperatures. At present time AG is used in different fields including food industry, veterinary, medicine at al. One of the promising areas of its application is also the creation of biodegradable polymer composites with synthetic and nature polymers. Compositions of AG with polymers of different classes (low-density polyethelene and biodegradable polyester polylactide) were obtained in the solid state under conditions of shear deformations and their mechanical characteristics were measured. It was shown that PLA-based materials are more rigid and have lower elongation at break than LDPE-AG composites. Hydrogels based on AG crosslinked by ethylene glycol diglycidyl ether and glutaric aldehyde were also obtained. The study of their behavior suggested that the use of AG in the form of concentrated solutions with low viscosity is more preferable.



Edited by Dr. Farzaneh Mohamadpour

«Гринвошинг» и зеленый маркетинг твердого биотоплива

Михаил Аким (ВШЭ), Эдуард Аким (ВШТЭ), Александр Пекарец (ВШТЭ),
Доклад в Сеуле 17.11.2023

- GREENWASHING AND GREEN MARKETING OF SOLID BIOFUEL.
- HOW “GREEN” IS “GREEN” BIOFUEL ENERGY AND HOW TO MAKE IT “GREENER”?
- НАСКОЛЬКО «ЗЕЛЕНАЯ» ЭНЕРГИЯ БИОТОПЛИВА И КАК СДЕЛАТЬ ЕЕ «ЗЕЛЕНЕЕ»?
- Михаил Аким, Высшая школа бизнеса, НИУ ВШЭ, Россия
- Эдуард Аким, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Россия
- Александр Пекарец, ООО «Лесная технологическая компания», Россия
- Michael Akim, Graduate School of Business, HSE University, Russia
- Eduard Akim, St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Russia
- Aleksandr Pekaretz, Forest Technological Company Ltd, Russia