



Ministry of Education and Science of Russian Federation  
Saint Petersburg State University  
of Industrial Technologies and Design  
(SPb SU ITD)  
**HIGHER SCHOOL OF TECHNOLOGY AND ENERGY**



# Энергопереход, климатическая нейтральность и проблемы биотоплива.

Профессор Э. Л. Аким

**Почетный Член Консультативного Комитета ФАО ООН  
по устойчивости Лесного сектора,  
Заведующий кафедрой технологии  
целлюлозы и композиционных материалов СПб ГУИТД  
Член научного совета РАН по лесу**

**Биотопливный конгресс  
15 – 16.03. 2022г.**

**Санкт-Петербург, отель Crowne Plaza**

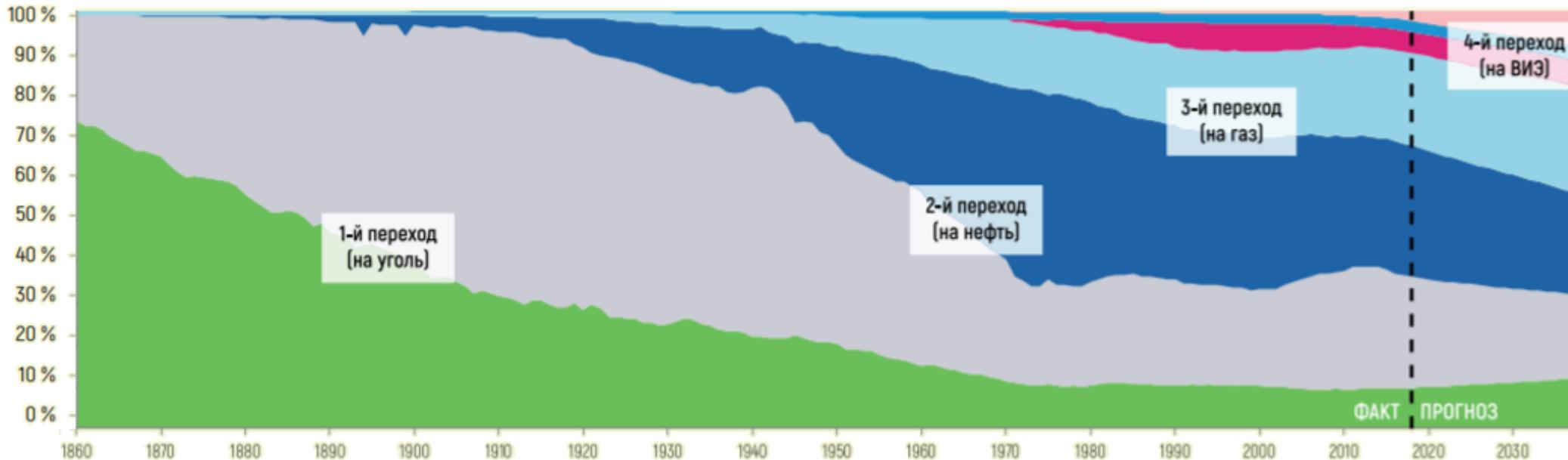
# Энергетические переходы в мире -1860 -2030

Переход от использования биомассы к углю.

Переход от использования угля к нефти.

Переход от угля и нефти к использованию природного газа.

Переход к использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) - солнечной энергии, энергии ветра, биоэнергетики и т.д.



# Экспорт пеллет из РФ в 2020-2021 гг. (тыс. т)

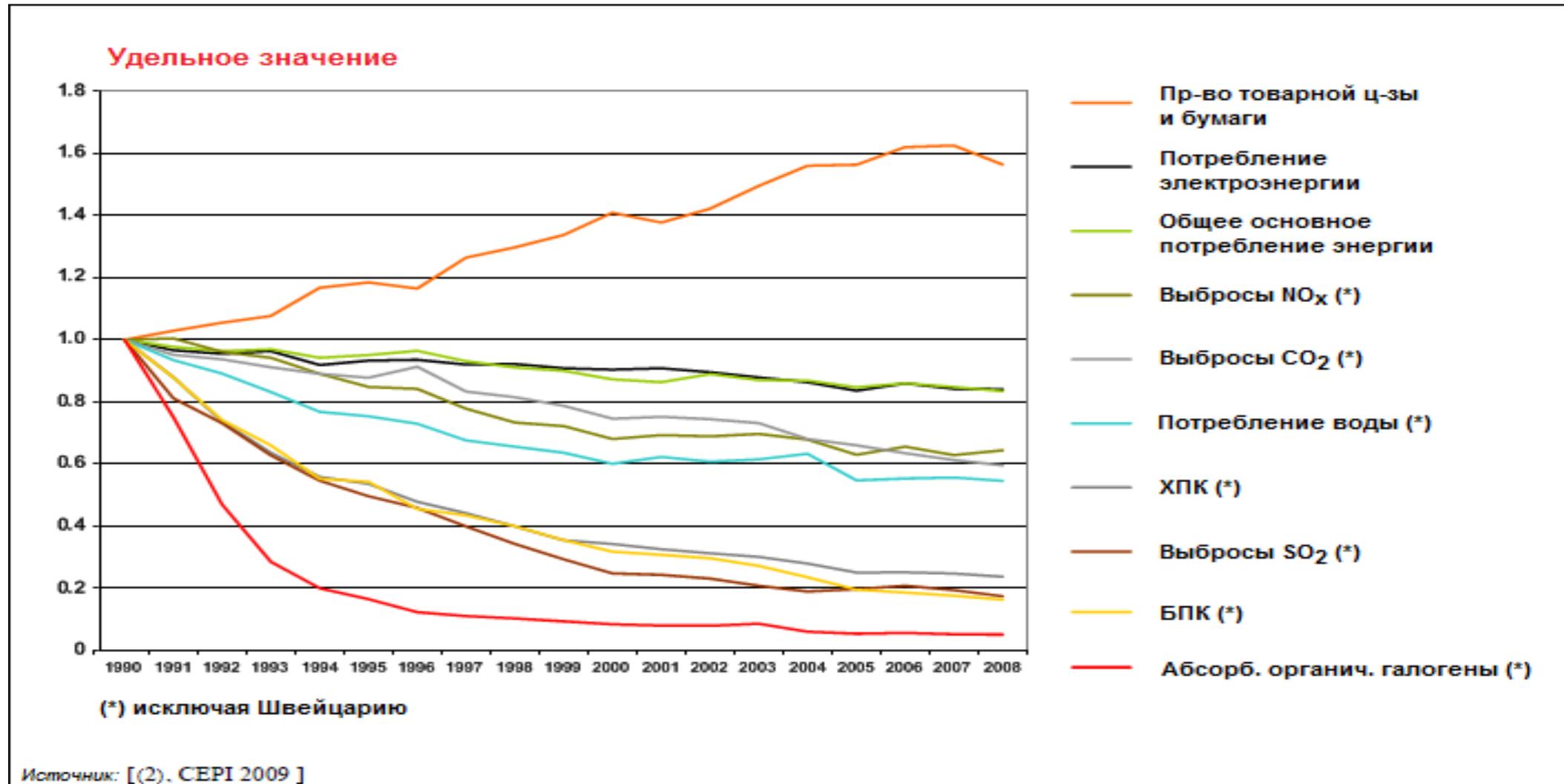
(по данным Argus)

Страна экспорта	2021	2020	2021/2020, %
Весь мир	2400	2300	104,3
Бельгия	371	251	148,0
Нидерланды	97	77	126,0
Япония	106	17	623,5
Южная Корея	169	185	91,4
Франция	51	43	118,6
Германия	45	39	115,4
Производство 5 крупнейших	980	969	101,1

# Трансформация Лесной отрасли – ретроспектива и перспективы

<b>Ретроспектива – 1970 - 2021</b>	<b>Перспективы - 2021 – 2050 - 2070</b>
<b>Глобализация</b>	<b>Переход к циркулярной экономике</b>
<b>Развитие биотоплива как следствие Киотского протокола и Парижского соглашения.</b>	<b>Лесной сектор как фактор предотвращения и/или замедления глобального изменения климата Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC, 2018) определила семь стратегий улавливания углерода. <b>Куда деть углерод???</b></b>
<p>1985 г. — Диоксины обнаружены в выбросах целлюлозно-бумажной промышленности (Швеция, США)</p> <p>Бесхлорная отбелка целлюлозы – ECF, TCF</p>	<b>Создание глобальной системы космического мониторинга лесов, лесных пожаров, баланса углекислого газа, потоков лесной продукции</b>
Плانتации ускоренного роста (эвкалипт, сосна, черный тополь)	<b>Мусорная проблема – сколько сегодня сжигается вторичной древесины – в мире и в России?</b>
<b>Китай и Вторичное волокно</b>	<b>Пластик и микропластик в океане. Полный переход на био-разлагаемую и циркулирующую тару и упаковку.</b>
<b>Новые виды продукции: Древесные композиты, волокнистые полуфабрикаты, бумага и картон (офисная бумага, санитарно-гигиенические виды – для медицины) и др.</b>	<b>Многоэтажное деревянное строительство.</b>

# Удельные расходы материалов и выбросов (кг /т продукции) в Европейской ЦБП в 1990-2008 годах



# Изменения за 50 лет...

- Социальная ответственность бизнеса -ESG
- Глобализация
- Смена лидеров
- Слияния и поглощения
- Переход в ЦБП мира к бесхлорной отбелке ECF, TCF
- Скачок использования вторичного волокна – переход к циркулярной экономике
- Плантации ускоренного роста (эвкалипт, сосна, черный тополь, осина)
- 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

# Энергоносители на базе древесины

Мировым центром производства и потребления топливных древесных гранул является регион ЕЭК, на долю которого приходится **80 %** мирового производства пеллет; а доля стран ЕЭК в ее мировом экспорте составляет **90 %**.

В 2019 году в регионе ЕЭК было произведено **36,7 млн т** топливных древесных гранул (+8,8 %), при этом показатель их потребления является самым высоким в Европейском субрегионе, в то время, как Северная Америка подтвердила свою лидирующую позицию в качестве крупнейшего мирового экспортера этой продукции.

Самые высокие показатели годового прироста производства пеллет в Российской Федерации — **14 %** и в Республике Беларусь — **36 %**.

# Переход к низкоуглеродной экономике

Чтобы положить конец климатическому кризису, нам нужно:

- сажать деревья и перейти к интенсивному лесовыращиванию;
- защищать тропические леса;
- высасывать углерод из неба.

Технология **секвестирования углерода** – «высасывать» углекислый газ из атмосферы и закачивать его под давлением под землю – в полости, в которых раньше была нефть, газ и т.д.

**Именно это всю историю на планете Земля делали и делают деревья!!!**

**Надо вкладывать деньги в секвестирование углерода деревьями – через биочар из древесных брикетов высокой плотности!**

**Остановить лесные пожары и предотвращать их!**

# Энергопереход и углеродная нейтральность затрагивают все технологии и дизайн

- Концепция циркулярности
- Цифровизация
- Лесной сектор
- Текстиль, швейная индустрия и мода
- Энергетика и био-энергетика
- Тара и упаковка

# Принципы ответственного инвестирования — Environmental Social Governance – принципы ESG

1. Включать экологические, социальные аспекты и вопросы управления в процессы проведения инвестиционного анализа и принятия решений;
2. Включать экологические, социальные аспекты и вопросы управления в политику и практическую деятельность;
3. Требовать от получателей инвестиций надлежащего раскрытия информации об экологических, социальных проблемах и вопросах управления;
4. Содействовать принятию и осуществлению Принципов в рамках инвестиционного сектора;
5. Повышать эффективность осуществления Принципов;
6. Сообщать о деятельности и достигнутом прогрессе в плане осуществления Принципов.

# Принципы ESG –экологические аспекты (Environmental)

- Предотвращение изменения климата
- Сокращение карбонового следа
- Расширение производства биотоплива и повышение эффективности его сжигания
- Секвестирование углерода
- Водосбережение
- Переход к циркулярной био-экономике
- Переход к био-разлагаемой упаковке

# Принципы ESG –социальные аспекты (Social)

- Сохранение рабочих мест в условиях санкций и пандемий
- Инвестиции в социальные проекты
- Поддержка образования и науки
- Безопасность работников и улучшение условий труда
- Увеличение количества «зеленых» рабочих мест

# Принципы ESG – управленческие аспекты (Governance)

- Прозрачная структура себестоимости
- Баланс интересов акционеров, работников и топ-менеджмента
- Увеличение затрат на НИОКР и реконструкцию
- Увеличение затрат на патентование, изобретательство и рационализацию
- Реализация принципов роялти
- Оптимизация отношений акционеров, работников и топ-менеджмента
- Прозрачная борьба с коррупцией

## Примеры из ЦБП

**Кислородная отбелка целлюлозы**, открытая в 1955-1956 годах Г.Л. Акимом и В.М. Никитиным, лежит в основе отбелок ЕСФ и ТСФ. Сегодня почти весь мир полностью перешел к бесхлорной отбелке.

**Бессточное производство**, впервые реализованное на Селенгинском ЦКК в 1990 г. до сих пор не реализовано на других предприятиях.

**Био-рефайнинг древесины лиственницы**, успешно реализованный в Братске в 2014 году, может тиражироваться на других предприятиях...

# «Сильвамо Корпорейшн Рус» в условиях перехода к климатической нейтральности.

Получение офисных видов бумаги из лиственной древесины по бесхлорной технологии TCF

Март 2022

# Какая белизна нужна офисным видам бумаги?

- На протяжении ряда десятилетий экологические движения во всем мире требовали снижения белизны офисных видов бумаги до уровня, **необходимого и достаточного** для выполнения ими своих функций носителей информации.
- Большинству потребителей достаточен существенно меньший уровень белизны, причем для человеческих глаз излишняя белизна с использованием оптических отбеливателей только вредна.
- Созданные в марте 2022 г. «Сильвамо Корпорейшн Рус» офисные виды бумаги из лиственной древесины по бесхлорной технологии TCF, имеющие очень низкий углеродный след, имеют свои области применения.

# Экономические и социальные аспекты бесперебойной работы производства «Сильвамо Корпорейшн Рус» (ЗАО «Интернешнл Пейпер»).

«Сильвамо Корпорейшн Рус» является градообразующим предприятием для г. Светогорска Ленинградской области с населением около 16 тысяч человек. Непосредственно на предприятии трудится около 1700 человек, кроме того еще около 1000 человек работают в подрядных организациях, обеспечивающих деятельность предприятия. Таким образом, город Светогорск является моногородом, экономическая деятельность в котором тесно связана с единственным градообразующим предприятием.

«Сильвамо Корпорейшн Рус» включено в Перечень системообразующих предприятий России, утвержденный решением Правительства РФ от 05.02.2015 № 1 и Перечень системообразующих предприятий Ленинградской области, утвержденный Губернатором Ленинградской области 27.03.2015. В данные перечни включены юридические лица, оказывающие существенное влияние на формирование ВВП России, занятость населения и социальную стабильность.

Общество обеспечивает г. Светогорск водоснабжением (горячим и питьевым), осуществляет очистку городских хозяйственно-бытовых стоков, а также обеспечивает теплоснабжение города Светогорск, включая все его социальные и производственные объекты.

Кроме того, «Сильвамо Корпорейшн Рус» регулярно реализует меры социальной поддержки местного сообщества.

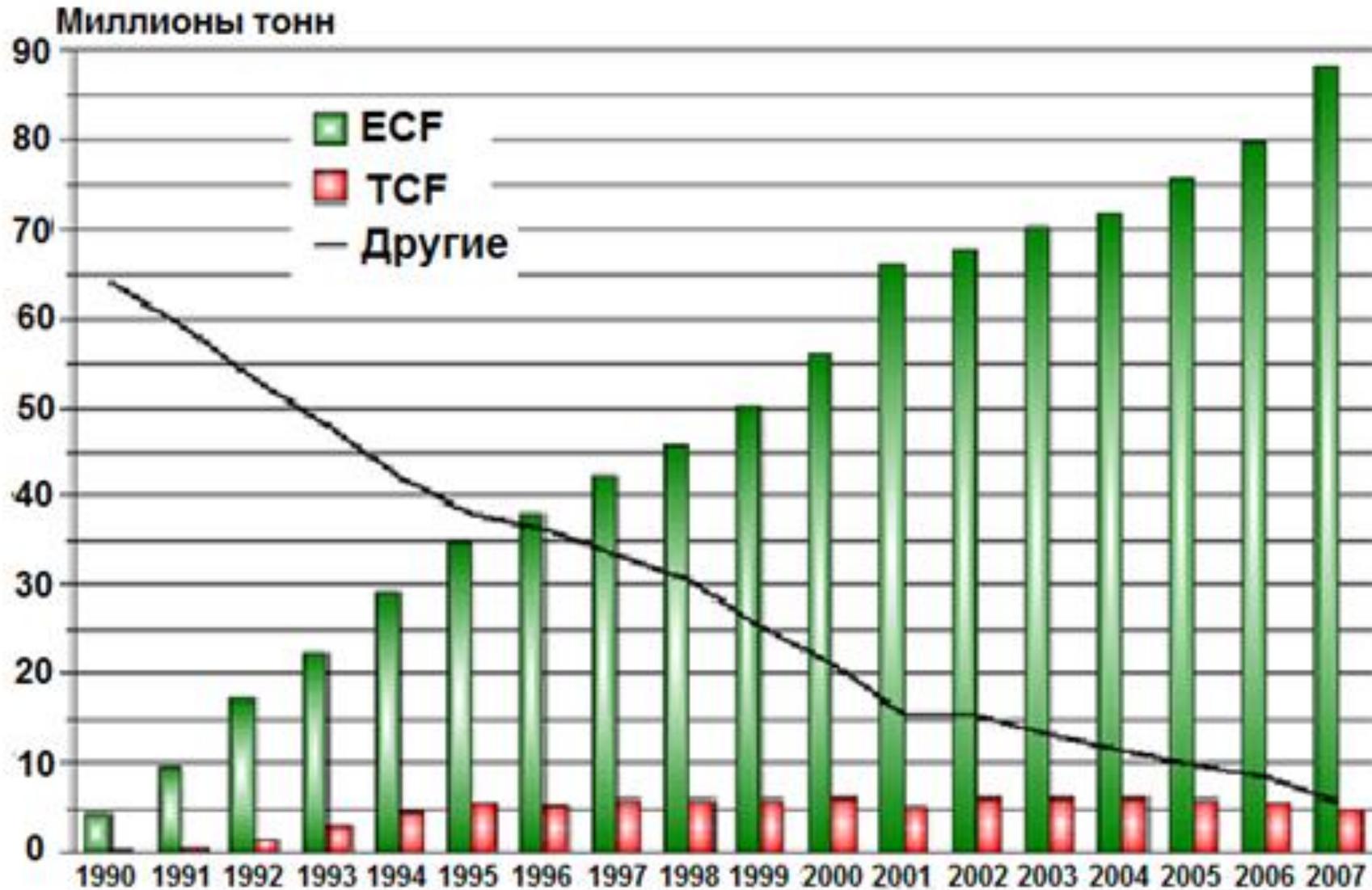
## Основные мероприятия, направленные на снижение карбонового следа предприятия, удельного расхода воды и уменьшение удельного содержания загрязнений в стоках, за период 2000-2015 гг.:

- **Создание первой в России линии кислородно-щелочной отбели на потоке лиственной целлюлозы - ECF-технология.**
- Реконструкция промывки небелёной и белёной целлюлозы производства белёной лиственной целлюлозы с установкой дополнительного промывного оборудования. В итоге сократился удельный расход воды на промывку, значительно снизились расход белящих реагентов и содержание загрязнений в стоках производства.
- Модернизация оборудования промывки и варки небелёной сульфатной целлюлозы. Мероприятия позволили значительно снизить «вынос» органических загрязнений с небелёной целлюлозой в отбелку, что позволило снизить расход белящих реагентов, а также снизило содержание органических загрязнений в стоках отбели.
- Модернизация систем оборотной воды бумагоделательных машин производства печатных бумаг и производства картона позволила значительно сократить удельный расход воды на производство и содержание в стоках загрязнений (прежде всего, органических и взвешенных веществ).
- Внедрение систем сбора и обезвреживания дурнопахнущих газов с установкой колонны по очистке конденсатов выпарной станции позволило использовать очищенные конденсаты для промывки небелёной целлюлозы вместо сброса их в канализацию. В результате сократилось использование свежей горячей воды на промывку небелёной целлюлозы, а также практически устранено попадание в стоки сернистых соединений (сероводорода, метил-меркаптана, диметил-дисульфида) и метанола.
- В процессе внедрения первого этапа инвестиционной программы общий объём производства целлюлозы увеличился с 252348 тонн в год до 338820 тонн в год. Прирост составил 34%.
- В 2007 году был введён в работу завод по производству БХТММ. К концу 2015 года общий объём производства составил – 528 198 тонн в год. Увеличение производительности превысило 100%.

# Получение офисных видов бумаги из лиственной древесины по бесхлорной технологии TCF

Март 2022

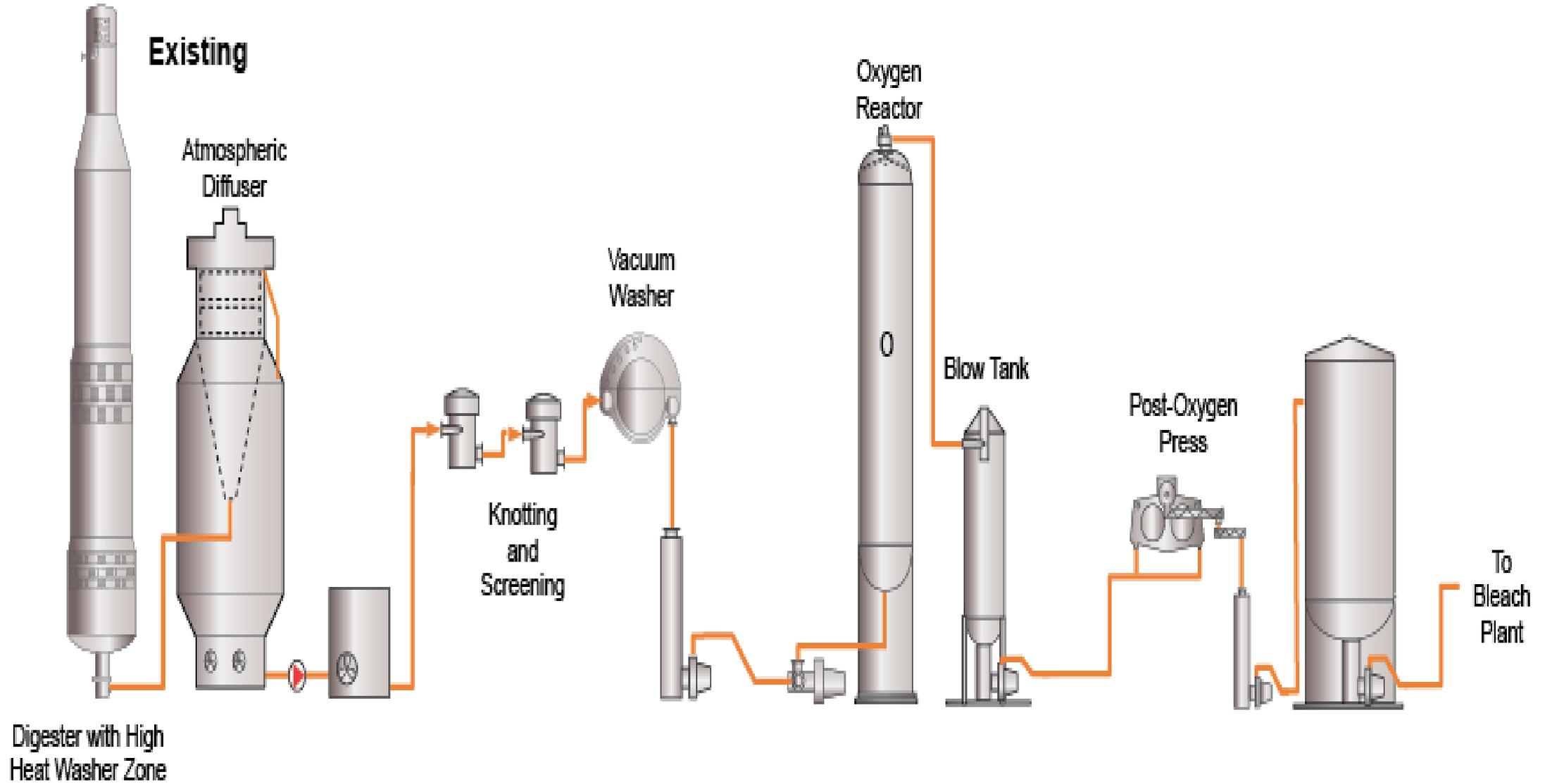
# Общепрофиль производства бленной целлюлозы



# Бесхлорная отбелка в Светогорске

Комбинат стал первым предприятием в ЦБП России, полностью перешедшим на производство продукции без использования элементарного хлора (отбелка ECF). В результате была резко снижена токсичность стоков, как собственно промывки, так и в целом комбината и, соответственно, нагрузка на окружающую среду. Ранее, еще в 1980-е годы на комбинате была впервые в СССР реализована в промышленных масштабах технология производства сульфатной лиственной беленой целлюлозы без использования элементарного хлора – отбелка ECF. Работы проводились под руководством проф. Гарри Акима – «отца» кислородной отбелки)

**Existing**



Atmospheric Diffuser

Vacuum Washer

Knotting and Screening

Oxygen Reactor

Blow Tank

Post-Oxygen Press

To Bleach Plant

Digester with High Heat Washer Zone

## Итоги опытной выработки получения офисных видов бумаги в марте 2022 г. из лиственной древесины по бесхлорной технологии TCF

- Белизна лиственной целлюлозы – 40
- Белизна БХТММ – 80-85
- Зольность (содержание РСС) – 20%
- **Белизна готовой продукции - 60+**
- Формование – полученное 60+
- Производство бумаги производилось по технологии производства офисной бумаги без оптического отбеливателя
- Все базовые параметры бумаги, кроме белизны, включая тестирование на скорость печати, соответствуют спецификации бумаги для офиса
- **Выводы – для большинства потребителей эка-офисная кремовая бумага полностью пригодна**
- **Кафедра ТЦКМ проводила работы по влиянию гнили на свойства БХТММ из осины, мелованию бумаги из не беленой целлюлозы и по исследованию стабильности белизны опытной бумаги из TCF- целлюлозы.**

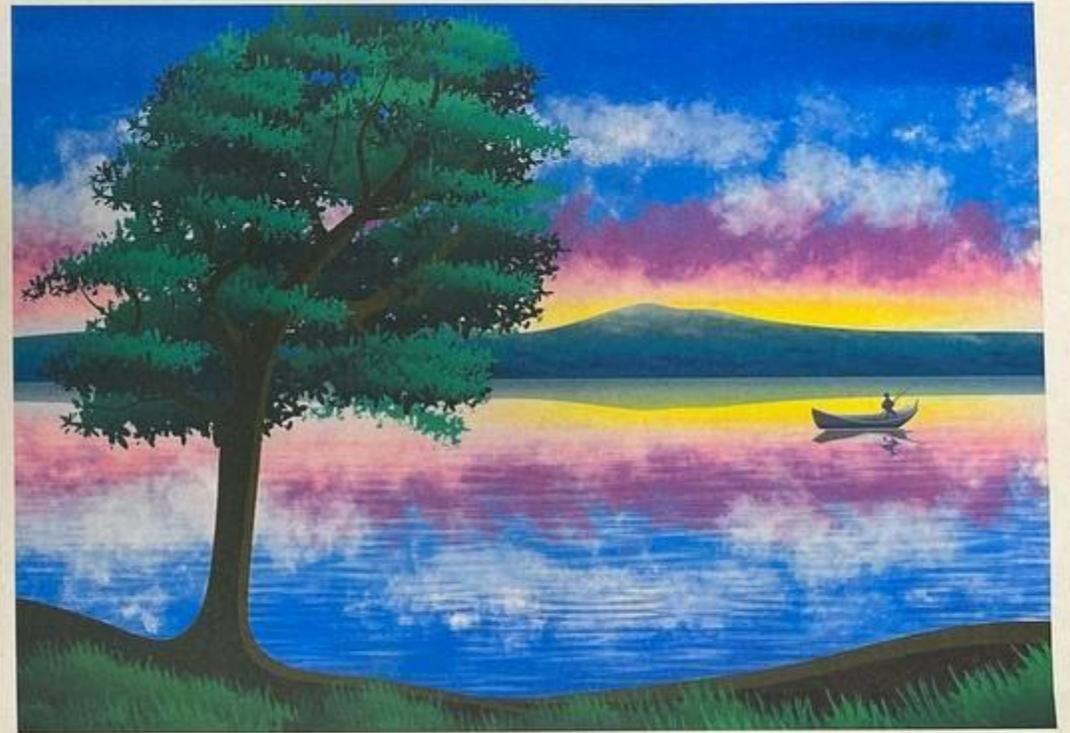
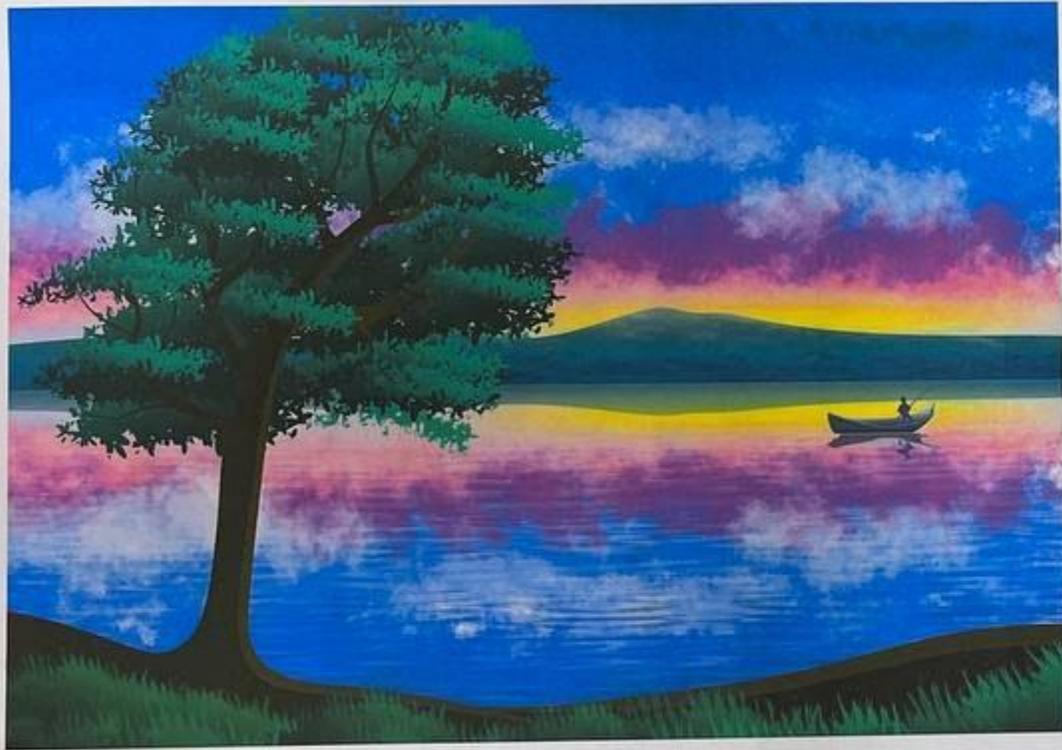
# Линия производства беленой лиственной целлюлозы ТСФ

Существующая линия промывки лиственной небеленой и беленой КЩО целлюлозы, имеет в своем составе котел непрерывной варки с зоной промывки, после котла установлен атмосферный диффузор, который выгружает массу в бак выгрузки котла. Небеленая масса перекачивается из бака выгрузки котла на грубое сортирование. Далее масса поступает на тонкое сортирование и на вакуум фильтр для промывки перед КЩО. После кислородно-щелочной отбели (КЩО) беленная масса промывается на прессе. Промытая беленная масса поступает на хранение в башню высокой концентрации, а затем проходит дополнительную промывку в линии добелки целлюлозы двуокисью хлора (при нулевом расходе двуокиси).



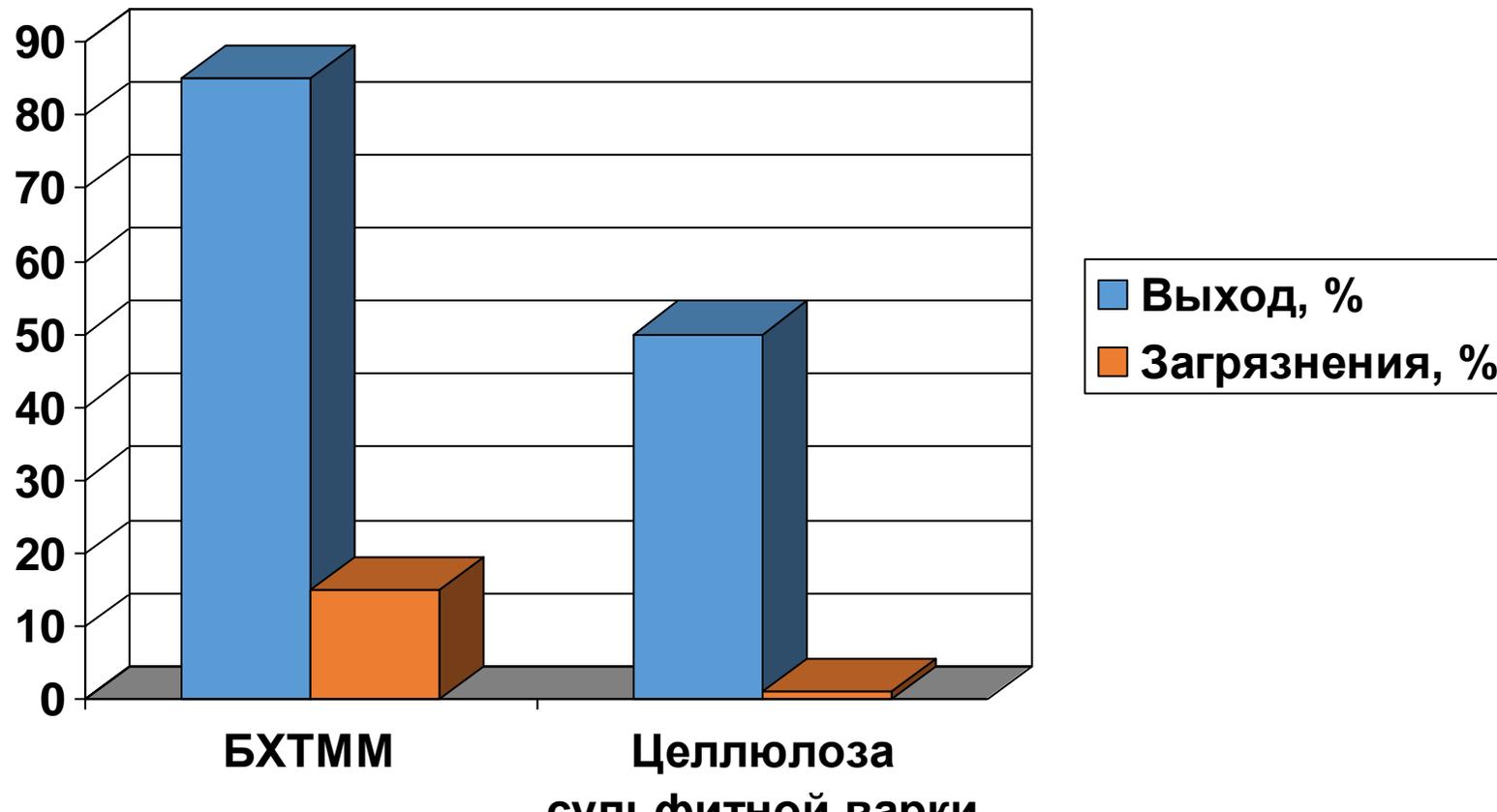


# Цветная печать на белой и кремовой офисной бумаге



# **Гнилая осина и лигнин в стоках**

## Сравнение выхода и количества загрязнений в стоках при производстве БХТММ и целлюлозы сульфатной варки



# Осиновая древесина, пораженная сердцевинной гнилью





# Изображение спила осиновой древесины, разделенного на зоны и кубики

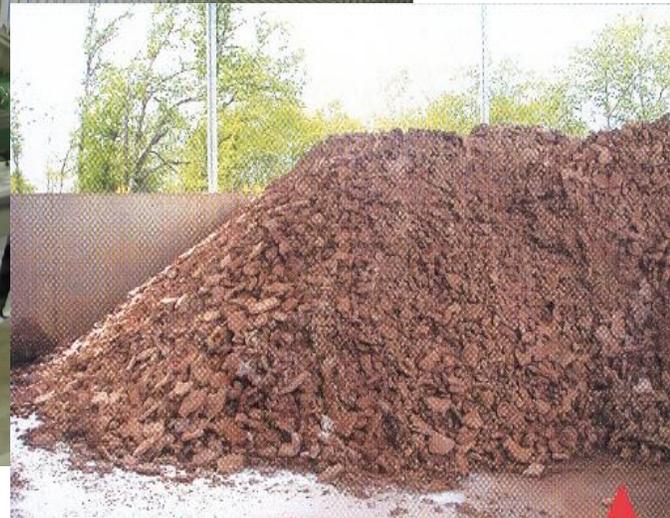


## Цех локальной физико-химической очистки стоков БХТММ и обезвоживания осадков.

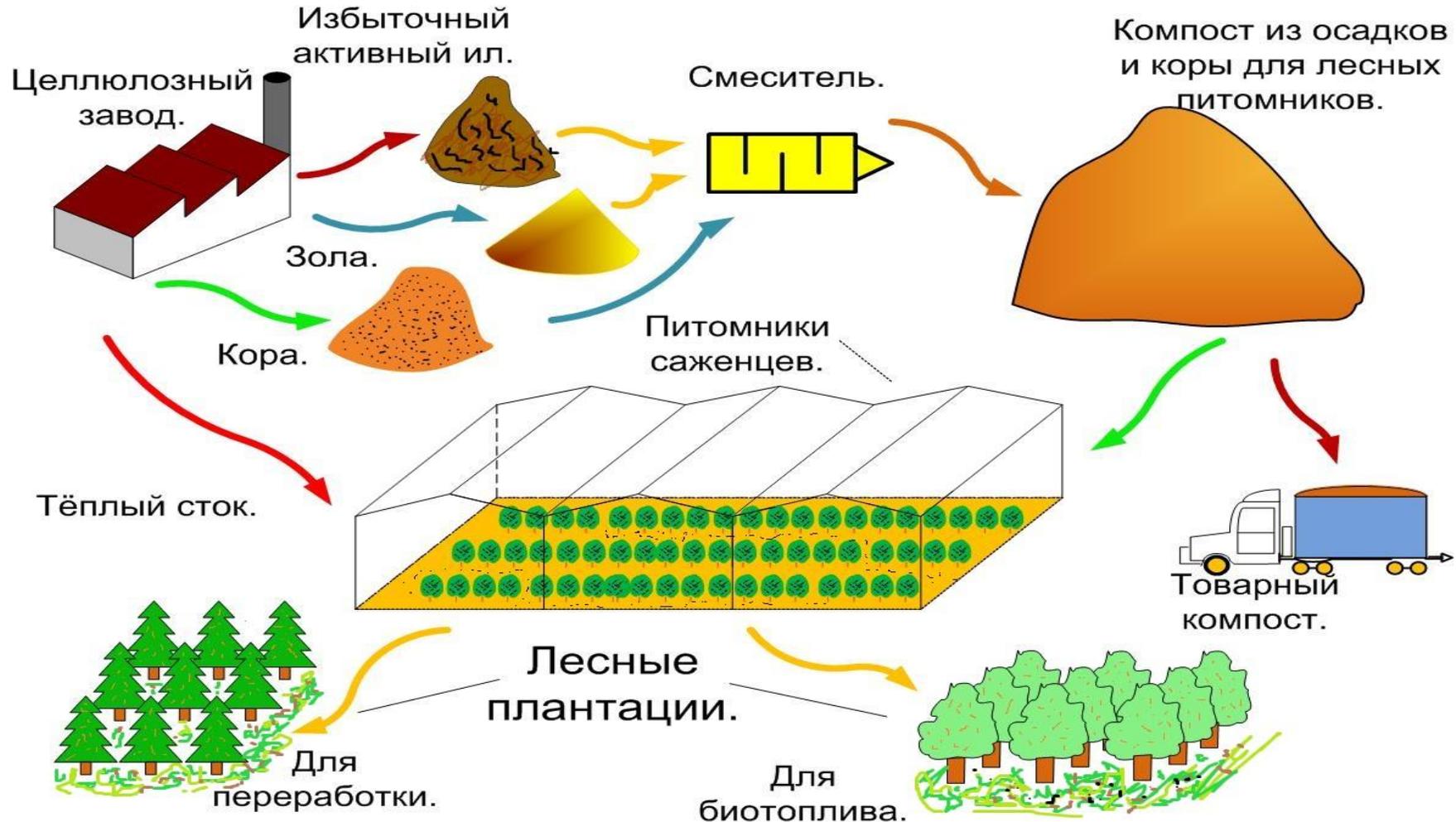


# Напорные флотаторы Megacell™ MCV-60.4 со вспомогательным оборудованием.





# Цикл превращения органических отходов целлюлозных заводов в сырьё.











## Плантации в Китае.



- - Плантация тополя для переработки в белёную химико-термомеханическую массу (БХТММ). Площадь плантации – 230000 га. Расположена в пустыне Гоби, в 12 км от завода. В качестве почвы используется осадок очистных сооружений. Для орошения используется очищенный сток с завода. Возраст рубки - 6 лет.



• посадки двухлетнего возраста. Уход за плантациями сводится к ирошению по трафику и периодической очистке оросительных каналов от наноса песка.

## Расширение плантаций



- Саженьцы первого года высадки. Ежегодное расширение плантаций - 1300 га.

# Место био-энергии среди ВИЭ

Ни по одному другому виду ВИЭ Россия не занимает такого места, как по биотопливу (и его экспорту - 5-6%).

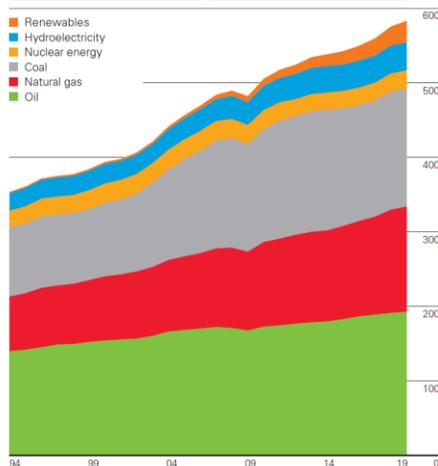
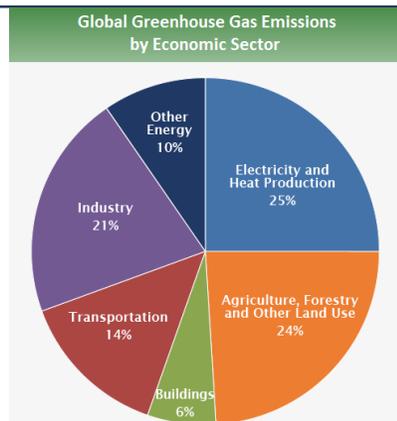
Процент России на мировом спектре ветряной и солнечной энергетики чрезвычайно мал.

**Для России секвестирование углерода через массивную древесину и деревянное домостроение, интенсивное лесовыращивание, через биочар из древесных брикетов высокой плотности, через агро-форестри – намного перспективнее, чем закачивание CO<sub>2</sub> под землю.**

Водородная энергетика для России – это не только водород из газа, но и из биомассы.

**На ПМЭФ в 2021 году вице-премьер Александр Новак, рассказывая о перспективах декарбонизации и развития водородной энергетики в России, назвал получение водорода из биомассы самым дешевым методом его получения.**

# ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СЕКТОР – ПЕРЕХОД НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ



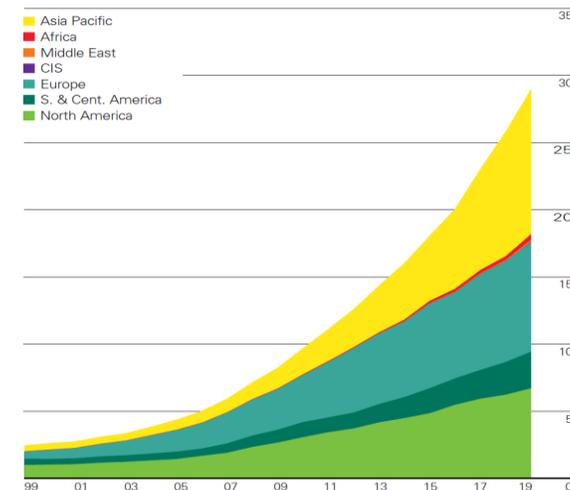
Мировое Потребление  
Exajoules ; bp Statistical Review of  
World Energy 2020

№	Страна	Установленная мощность ветряных электростанций в 2019 году (МВт)
1	<b>Китай</b>	<b>210 478</b>
2	<b>США</b>	<b>103 584</b>
3	<b>Германия</b>	<b>60 822</b>
4	<b>Индия</b>	<b>37 505</b>
...	...	...

№	Страна	Установленная мощность солнечных фотоэлектрических электростанций в 2019 году (МВт)
28	<b>Российская цель развития ветряной энергетики на 2024 год</b>	<b>3 415</b>

№	Страна	Установленная мощность солнечных фотоэлектрических электростанций в 2019 году (МВт)
1	<b>Китай</b>	<b>205 493</b>
2	<b>США</b>	<b>62 298</b>
3	<b>Япония</b>	<b>61 840</b>
4	<b>Германия</b>	48 962
5	<b>Индия</b>	35 060
8	<b>Великобритания</b>	13 398
...	...	...

№	Страна	Установленная мощность солнечных фотоэлектрических электростанций в 2019 году (МВт)
28	<b>Российская цель развития солнечной энергетики на 2024 год</b>	<b>2 238</b>



Потребление возобновляемых источников энергии по регионам  
Exajoules ; bp Statistical Review of World Energy 2020

<b>№</b>	<b>Страна</b>	<b>Установленная мощность ветряных электростанций в 2019 году (МВт)</b>
<b>1</b>	<b>Китай</b>	210 478
<b>2</b>	<b>США</b>	103 584
<b>3</b>	<b>Германия</b>	60 822
<b>4</b>	<b>Индия</b>	37 505
<b>5</b>	<b>Испания</b>	25 553
<b>6</b>	<b>Великобритания</b>	24 128
<b>7</b>	<b>Бразилия</b>	15 930
<b>8</b>	<b>Великобритания</b>	13 398
<b>...</b>	<b>...</b>	<b>...</b>
<b>28</b>	<b>Российская цель развития ветряной энергетики на 2024 год</b>	3 415

<b>№</b>	<b>Страна</b>	<b>Установленная мощность солнечных фотоэлектрических электростанций в 2019 году (МВт)</b>
<b>1</b>	Китай	205 493
<b>2</b>	США	62 298
<b>3</b>	Япония	61 840
<b>4</b>	Германия	48 962
<b>5</b>	Индия	35 060
<b>6</b>	Италия	20 906
<b>7</b>	Австралия	15 930
<b>8</b>	Великобритания	13 398
...	...	...
<b>28</b>	Российская цель развития солнечной энергетики на 2024 год	2 238

# Энерго-обеспеченность территории России

**70% территории России, на которых проживает 20% населения страны лишены централизованного энергообеспечения.**

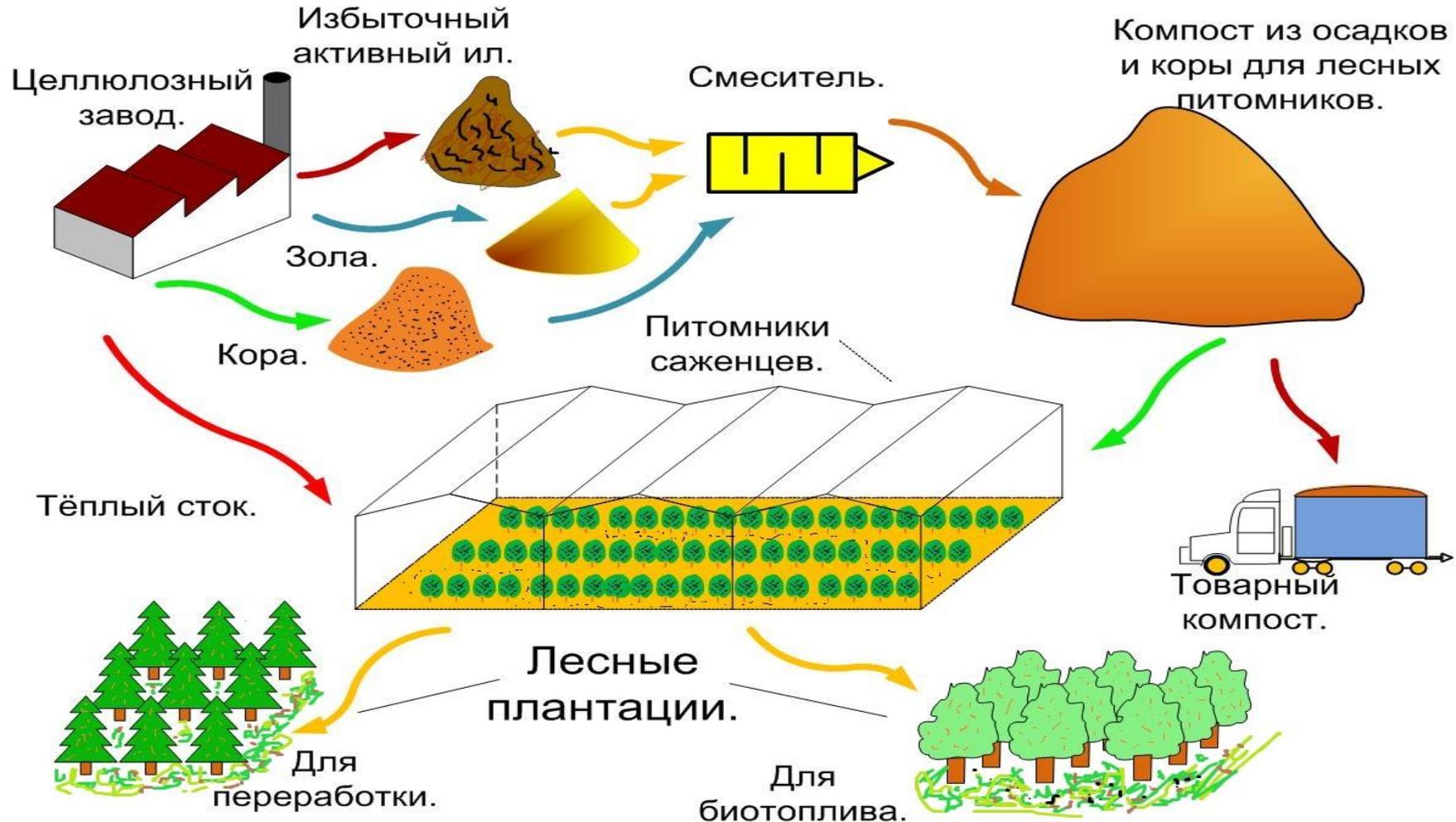
- **Уровень газификации** природным газом в **России** к 1 января 2022 года достиг 72% (в городах — 73,7%, **в сельской местности — 64,8%**). При этом согласно госпрограмме России "Развитие энергетики", плановый показатель на 2021 год составлял 72,2%, на 2022 год - 73%, а на 2024 год - 74,7%. Правительство в мае утвердило дорожную карту внедрения социально ориентированной системы газификации. Она предполагает постепенный рост уровня газификации страны до 82,9% в 2030 году и создание принципиально новой модели этого процесса.

**В 2014 году уровень газификации населенных пунктов составлял 63% (70% в городских и 47% в сельских населенных пунктах)** («Малая энергетика», 2014, №1-2, стр.9).

# Биочар как одно из направлений секвестрирования углерода

Создание древесных брикетов высокой плотности (1300-1320 кг/кубометр) позволяет по новому решать проблему секвестрирования углерода через biochar и торрефицированную древесину (ТД). **Древесный уголь и ТД в сельскохозяйственных и лесных почвах связывают углерод в почве и повышают урожайность сельскохозяйственных культур.** По литературным данным это позволит ежегодно удалять из атмосферы от 300 миллионов до 2 миллиардов тонн углекислого газа по цене от 90 до 120 долларов за тонну. Это от 15 до 100 миллиардов тонн в этом столетии.

# Цикл превращения органических отходов целлюлозных заводов в сырьё

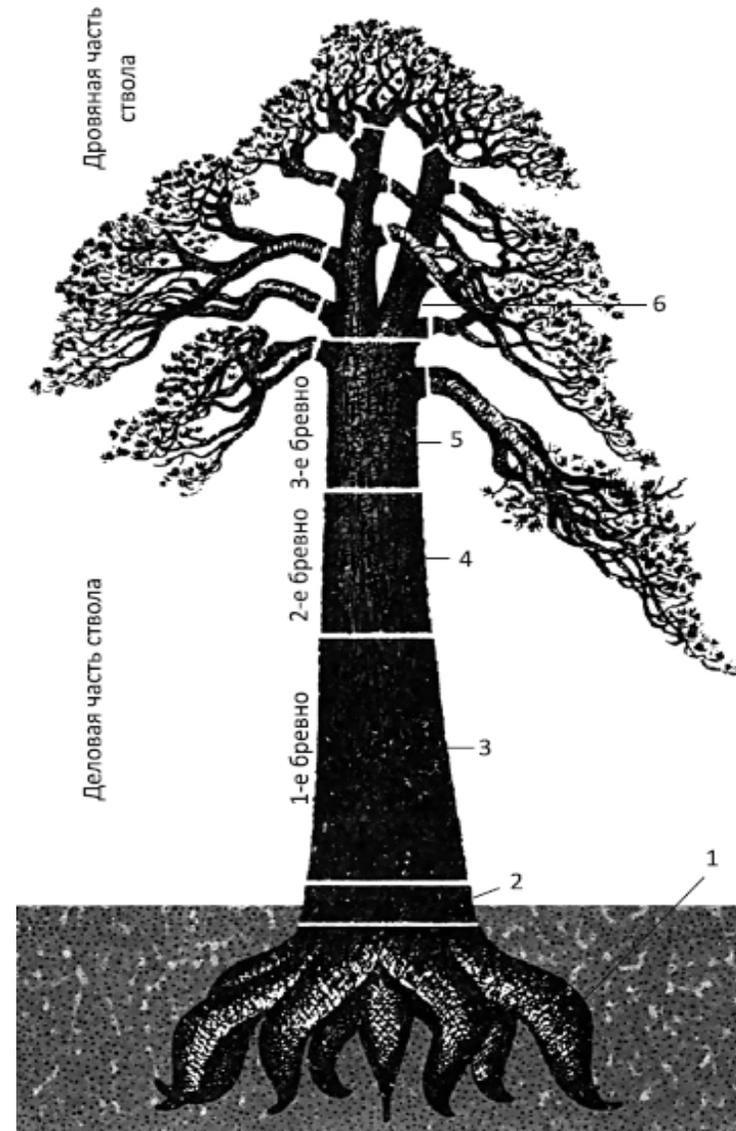
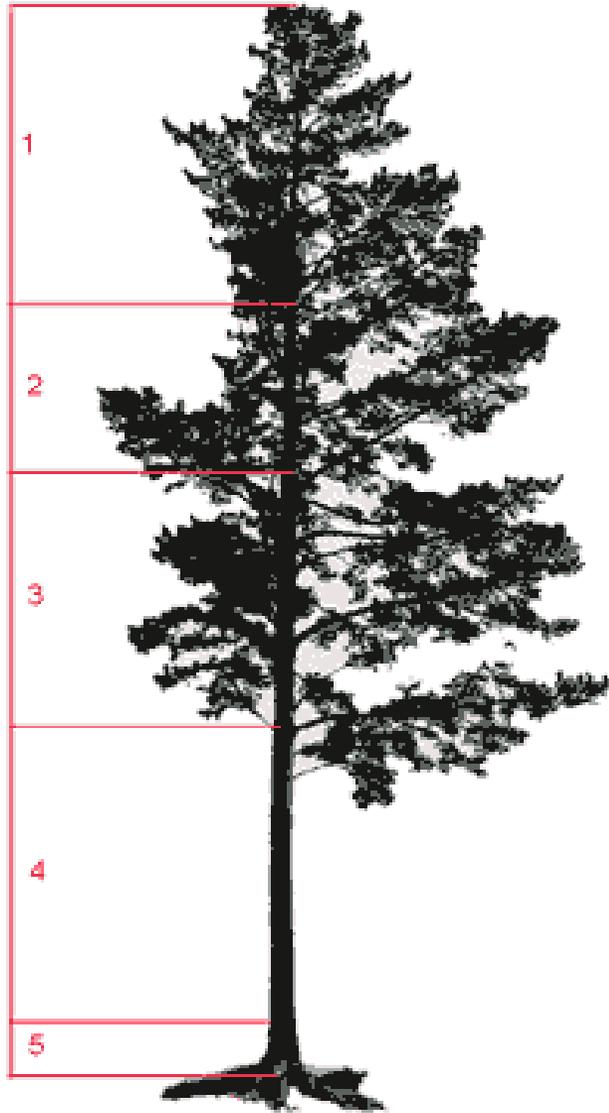


# Ветер и корни

Ветровая знакопеременная нагрузка на деревья приводит к усилению образования корневой системы, которая, по сути, является наиболее длительным бассейном секвестирования углерода.

# Корни и секвестирование углерода

( Слева:1-ювенильная древесина; 2- балансовая древесина; 3,4 – деловая древесина; 5 – пень;  
Справа: 1-корни в почве; 2-пень; 3 –5 деловая часть ствола; 6 – дровяная часть ствола)





**Лесные почвы и корни деревьев-  
наиболее длительное секвестирование  
углерода**



Этому дереву было 250 лет

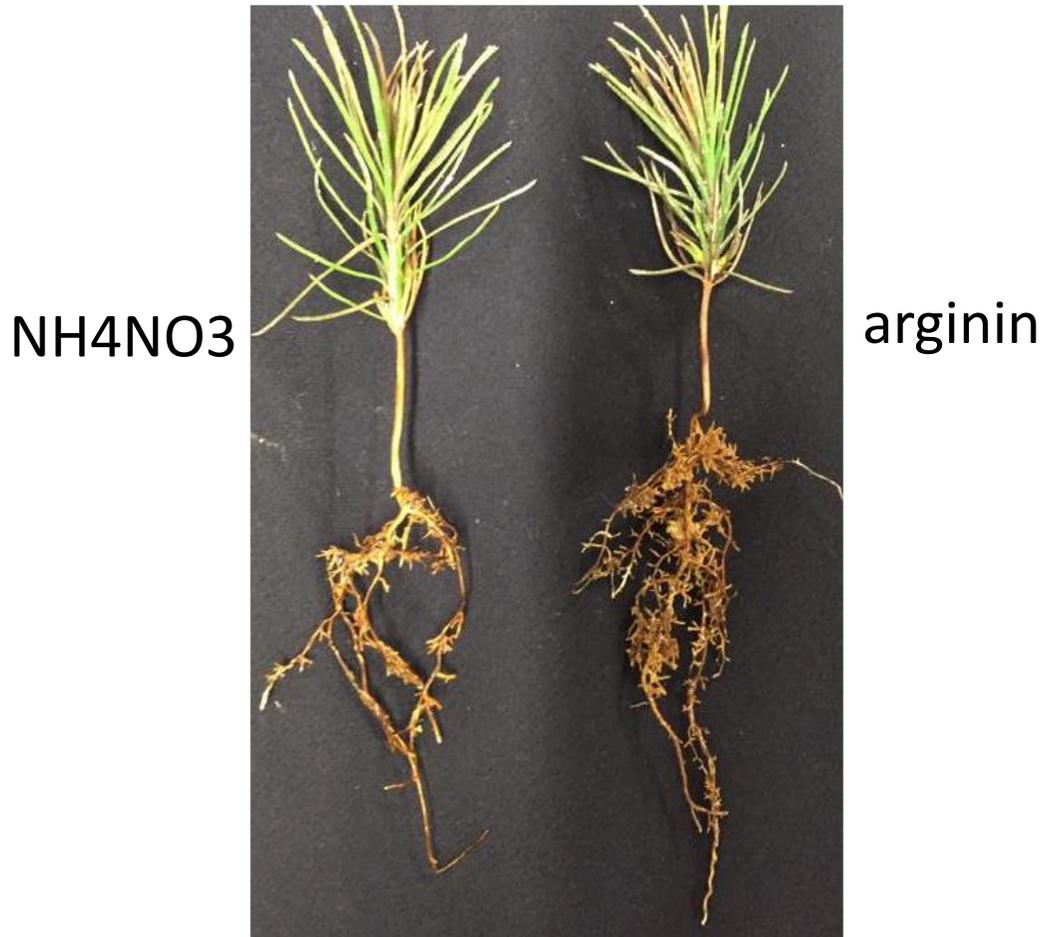
# Различные аспекты формирования и функционирования почвы

В 1996 г. на конференции Американского Химического общества (ACS) нами были представлены доклады, в которых анализировалась роль высокоэластичного состояния лигнина и других полимерных компонентов древесины в природе и технологии, а почва рассматривалась как лигноцеллюлозно-минеральный композит (с этих позиций предлагалось анализировать формирование, трансформацию и функционирование почвы).

В детальном обзоре Сергея Шевченко и Джорджа Бейли 1996 **«Жизнь после смерти: пересмотр лигнин-гуминовых связей»**, авторы заключают, что основным источником гумуса на поверхности Земли является опад растений, который становится матрицей первичной структуры почвы. При этом более химически стойкая лигниновая часть растений программирует химические и структурные особенности «потомков» – гуминовых кислот. Эта структура изменяется с возрастом в течение геологического времени. Однако некоторые важные особенности сохранены, и направление изменений регулируется как исходной структурой, так и условиями окружающей среды. В последние годы шведскими учеными показана особая роль аминокислотного азота в формировании корневой системы деревьев

## Аминокислотный азот

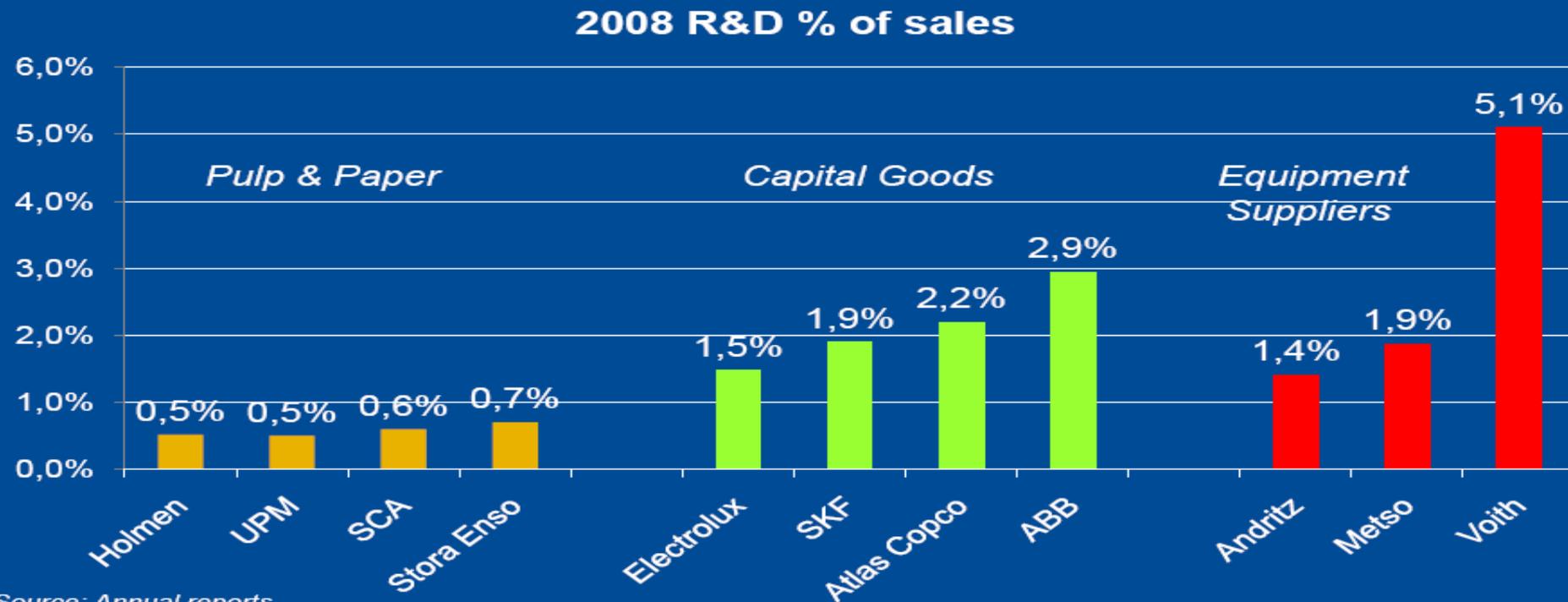
Премия Маркуса Валленберга 2018 года присуждена профессору Торни Нэсхольму за его новаторское исследование роли органического азота в питании деревьев.



Профессор Торни Нэсхольм обнаружил, что основным источником азота для сосны и ели в бореальных лесах являются аминокислоты, а не ионы аммония или нитрат; азот из аминокислот поглощается саженцами деревьев. Он также обнаружил, что концентрации аминокислот в лесных почвах достаточно высоки, чтобы обеспечить их потребление деревьями.

ЦБП тратит на НИР намного меньшую долю от объема продаж, чем поставщики оборудования

## R&D investments



Source: Annual reports



The Pulp & Paper industry invests significantly less in R&D than its Equipment suppliers and the Capital Goods industry

MWP

Судьба углерода в почве - попадающий в почву органический материал переваривается микробами. Почва - это рыхлая совокупность растительного вещества с разной степенью деградации. Исследования изотопов углерода показали, что большое количество углерода может оставаться в почве веками.

Революция в почвоведении меняет планы по борьбе с изменением климата

Многовековая концепция почвоведения недавно была отброшена. Тем не менее почва остается ключевым ингредиентом во всем, от моделей климата до перспективных проектов по улавливанию углерода. Образцы почвы, содержащие корни растений, богатые **суберином, медленнее** изменяются в различных условиях окружающей среды. Исследователи обнаружили, что углерод, который они поместили в агрегат из кусочков глины, был защищен от бактерий. Но когда они добавили пищеварительный фермент, углерод высвободился из агрегата и был быстро съеден.

# Новые виды био-разлагаемой упаковки

Пластик - один из самых распространенных материалов, используемых в современной жизни, в первую очередь из-за специфики свойств нефтехимических пластмасс, таких как низкие производственные затраты, малый вес, прозрачность и устойчивость при воздействии различных техногенных и природных элементы. **Самым большим использованием пластика является упаковка (около 30% мирового объема пластика производства в год)**, так как он очень функциональный в качестве упаковочного материала. Далее следует его использование в строительстве и на транспорте, на которые приходится примерно 17% и 14% соответственно (ЮНЕП, 2018a).

Мировое производство различных пластиков увеличилось в среднем примерно на 9 процентов в год с 1950 года (ЮНЕП, 2018a), увеличившись почти в девять раз с 1970-е годов.

Производство пластика в 2018 году составило около 360 млн тонн, из них повторно перерабатывается менее 10% пластиковых отходов из-за высоких затрат, связанных с переработка и трудность разложения (Reichert et al., 2020; Su et al., 2020). Прогнозируется, что к 2045 году объем пластиковых отходов будет превышать 340 млн тонн в год. Это усугубит давление на производителей пластмасс. Это подчеркивает важность развития устойчивой и циркулярной альтернативы пластмассам на основе ископаемых, которые менее вредны для окружающей среды и могут быть произведены с использованием возобновляемых материалов.

Нами, совместно с С.З. Роговиной и А.А. Берлиным, показано что введение в синтетические полимеры арабиногалактана придает композитам био-разлагаемость.

# Стратегические программы в мировом Лесном Секторе:

**1995 - Разработка и реализация в Северной Америке «Agenda 2020».**

**2005 - Разработка «Стратегической Технологической Платформы развития Лесного комплекса ЕС до 2030 года - EFTP», с расширением исследований в области био-рефайнинга.**

**2005 - Разработка Российской Лесной Технологической Платформы (развития Лесного комплекса до 2030 года) и ее включение в Платформу «БиоТех2030». Пример – **проект Лиственница.****

- Эти программы явились «ответом» на стремительное развитие плантационных лесов в Латинской Америке и в Китае**
- Важнейшее направление программ – био-рефайнинг древесины.**
- В ноябре 2019 года в Хельсинки состоялась конференция FTP, а в ноябре 2021 года в Риме, в рамках Foresta2021 был ряд научных докладов.**

# Био-рефайнинг и Технологическая Платформа «БиоТех2030»

**Задачей Российской «Лесной технологической платформы» как части Платформы «БиоТех2030» является создание и реализация инновационной модели развития лесного комплекса России, ее научное и кадровое обеспечение.**

**Один из ее приоритетов - био-рефайнинг древесины - комплексная глубокая переработка лесных ресурсов с производством наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью.**

# Древесина как эталон композита

**Нано – микро-фибриллы древесины являются великолепным армирующим компонентом не только природной древесины, но и композитов на их основе.**

*«В общем случае воздействие ветровой нагрузки на деревья, приводящее к их разлому, можно рассматривать как разрушение композиционного материала при циклическом нагружении, которое может быть охарактеризовано его **усталостной прочностью**. При этом не только ствол, но и ветви деревьев испытывают многократную циклическую нагрузку, демонстрируя высокую усталостную прочность, что является принципиальным отличием ветвей деревьев, например, от алюминиевой проволоки, которая быстро ломается при многократном изгибе. Устойчивость в широком температурном диапазоне к ветровым нагрузкам как отдельных деревьев, так и лесных массивов связана не только с релаксационными свойствами компонентов древесины, но и со структурой представляющего собой природный композит всего дерева в целом.*

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

(Akim E.L., Rogovina S.Z., Berlin Al.Al. Fatigue Strength of Wood and the Relaxation State of Its Polymer Components // Doklady Physical Chemistry. 2020. Vol. 491. Part 1. P. 33—35. ISSN 0012-5016. DOI: 10.1134/S0012501620030045.)

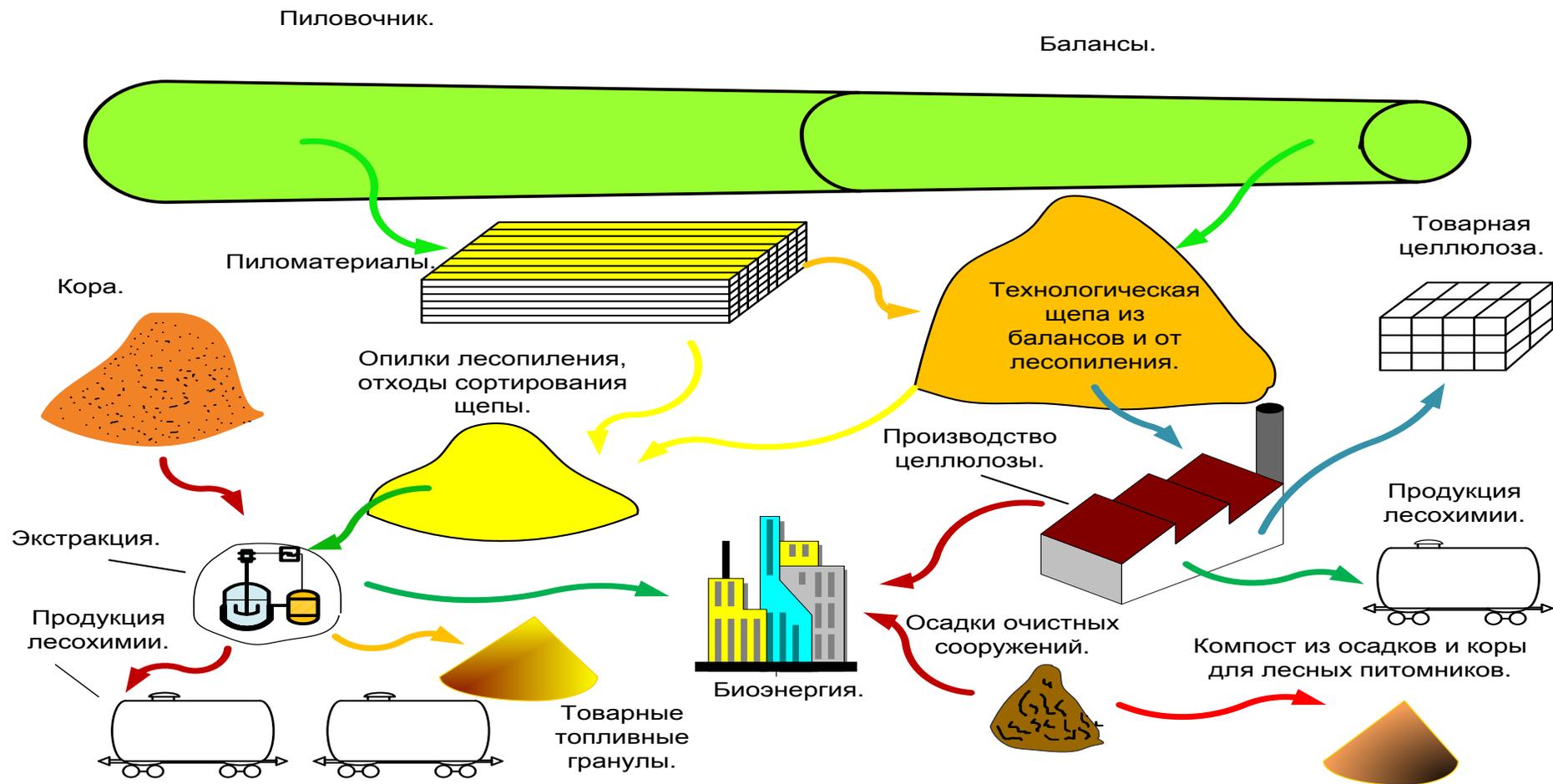
# Проект «Лиственница» как составная часть Российской Платформы «БиоТех 2030»

В рамках Постановления Правительства РФ №218, ОАО «Группа «Илим» и СПб ГТУ РП, вышедшие в 2010 году в победители по первому открытому конкурсу, выполнили в 2010-2014 гг. крупнейший в лесном комплексе России инновационный проект –

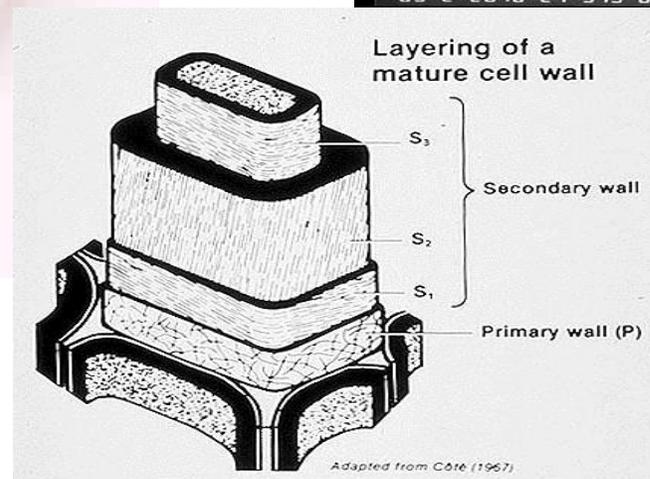
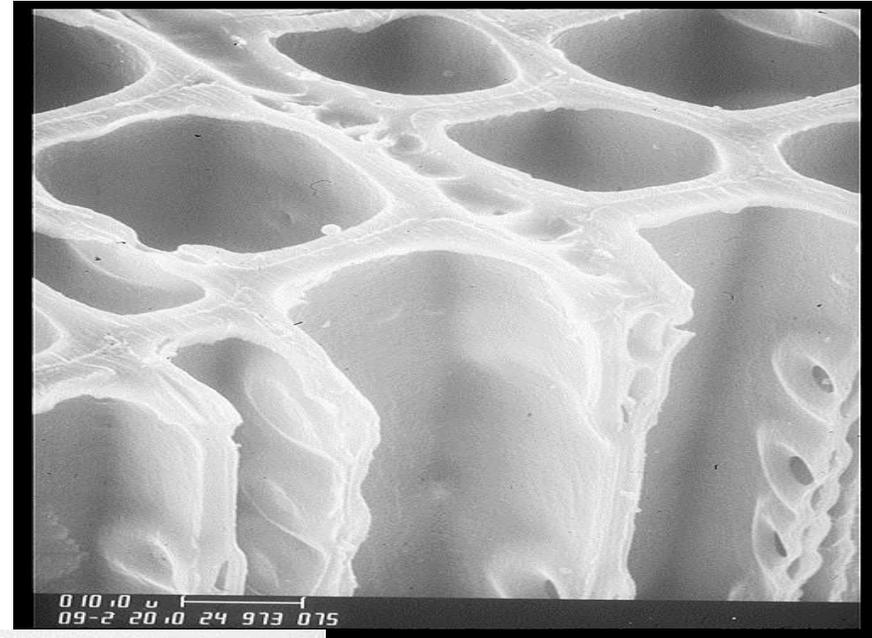
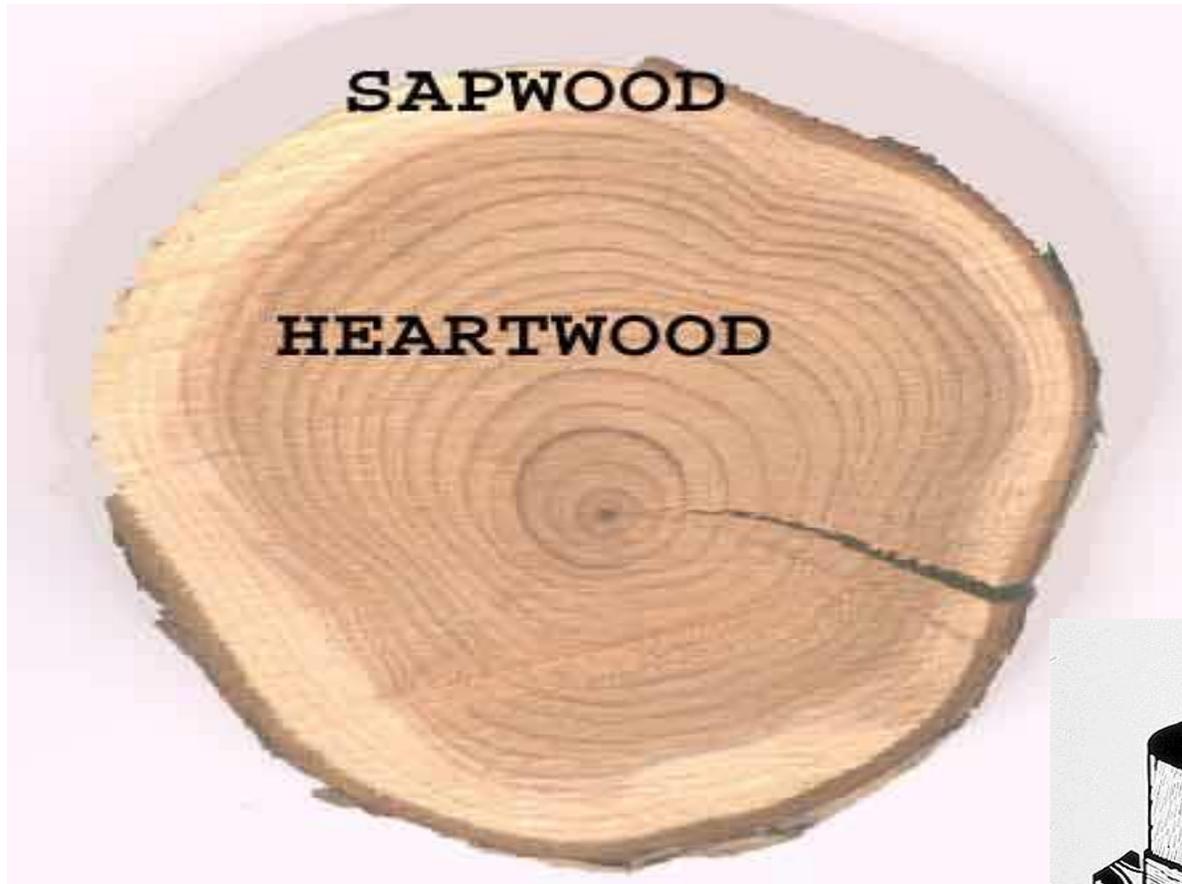
**«Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на мировые рынки нового вида товарной целлюлозы)»**

**Проект, посвященный био-рефайнингу древесины лиственницы, - крупнейший инновационный проект, реализованный в Лесном секторе России.**

# Био-рефайнинг древесины лиственницы



# Проблемы распределения арабиногалактана в морфологической структуре и нано-структуре древесины



# Результаты проекта Лиственница и циркулярная экономика

**В 2010 г., по инициативе Руководителей Группы «Илим» (Председателя Советов Директоров Захара Давидовича Смушкина и Генерального Директора Пола Херберта), ОАО «Группа «Илим» и СПб ГТУ РП приняли участие и вышли в победители по первому открытому конкурсу, проводившемуся в рамках Постановления Правительства РФ №218. Тема проекта: «Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на мировые рынки нового вида товарной целлюлозы – проект «Лиственница»).**

**В результате ОАО «Группа «Илим» и СПб ГТУ РП выполнили в 2010-2014 гг. крупнейший в лесном комплексе России инновационный проект.**

**Проект был успешно завершен в 2014 году.**

**С ноября 2014 года Братский филиал ОАО «Группы «Илим» начал осуществлять выпуск серийной продукции по инновационной технологии, позволяющей перерабатывать лиственницу в любом соотношении в смеси с другими породами.**

**В 2014-2017 годах Братский филиал ОАО «Группа «Илим» переработал несколько миллионов кубометров лиственницы, выпустил по инновационной технологии свыше 2 миллионов тонн сульфатной беленой целлюлозы из смеси хвойных пород, на сумму свыше 60 миллиардов рублей. Доля экспорта составила 86%.**

**Более того, Усть-Илимский филиал АО «Группа «Илим» в 2019-2020г.г. начал успешно производить целлюлозу «Билар» из смеси березы и лиственницы.**

**Экспорт северной армирующей целлюлозы и эвкалиптовой плантационной целлюлозы позволяет Китаю использовать 50-70 млн. тонн вторичного волокна и достигать кратности использования волокна 7- 8 раз.**