

# НОВЫЙ ЦИКЛ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦБП РОССИИ

ООО «Техсервис»  
Кряжев Анатолий Максимович

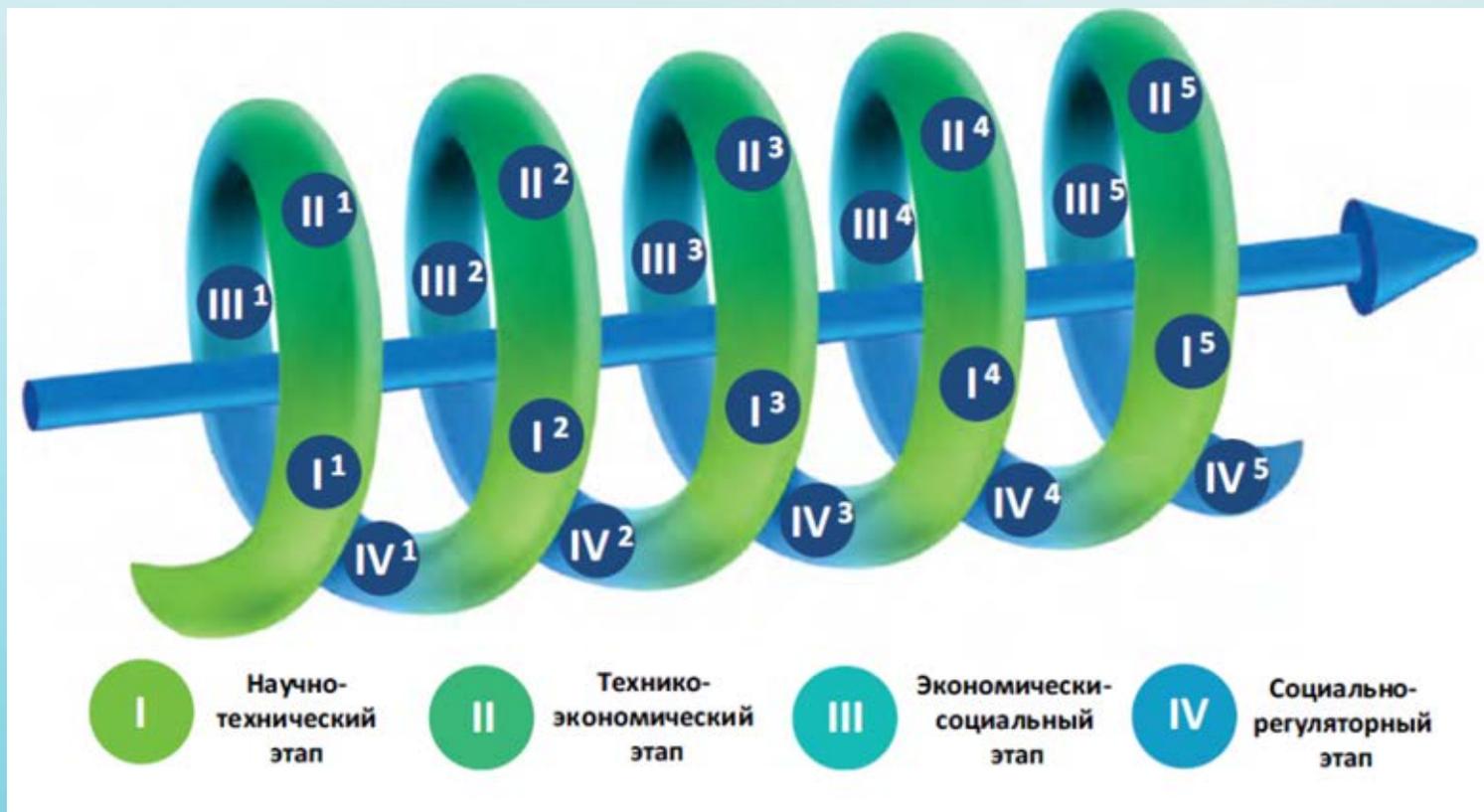
г. Архангельск  
14 сентября 2023 г

# Введение

В соответствие с современными представлениями [1] мировое промышленное производство в рамках действующего технологического уклада проходит модернизацию в строгой последовательности определенных этапов:

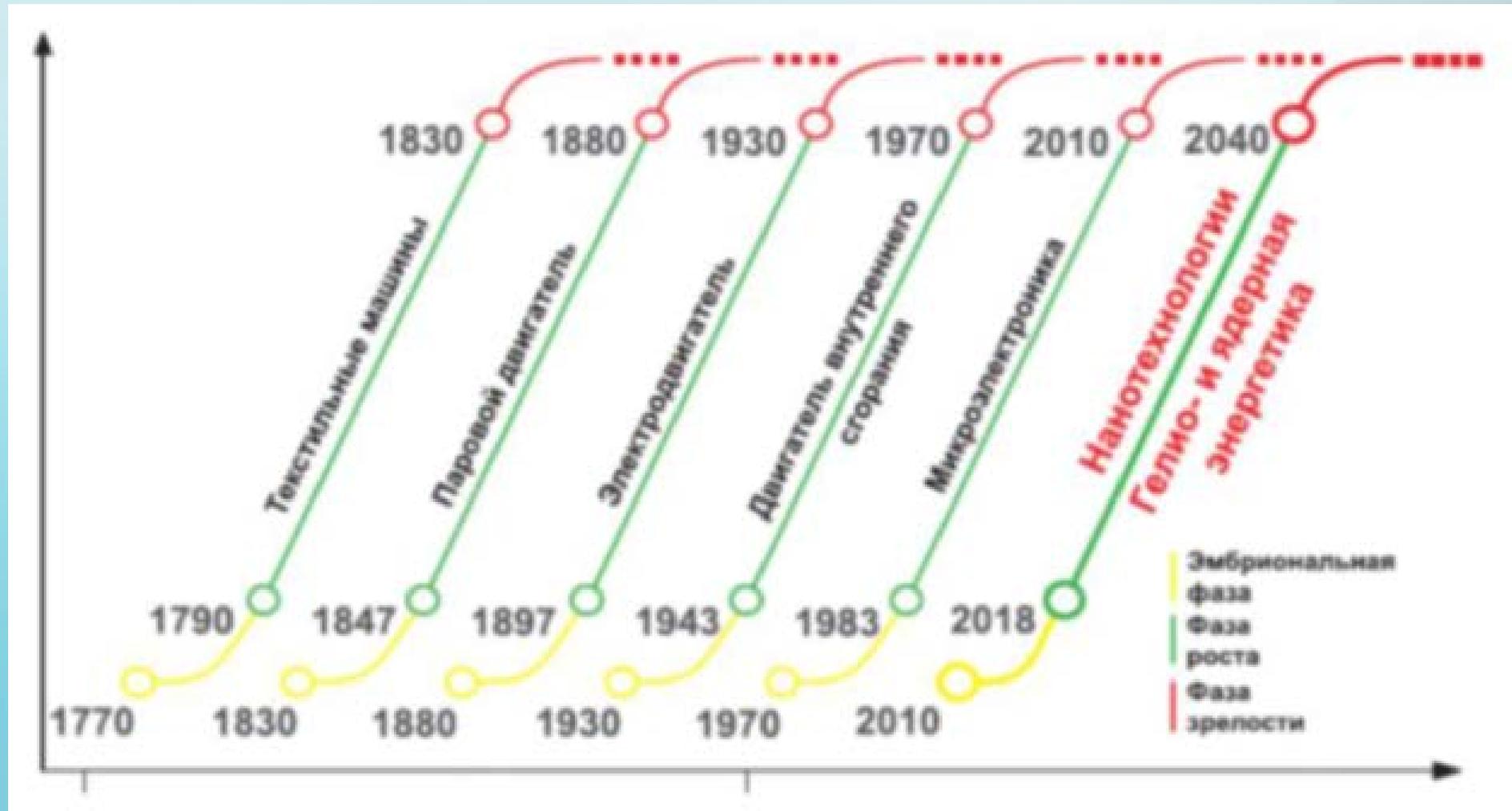
- научно-технический
- технико-экономический
- экономически- социальный
- социально-регуляторный этап

# Спираль развития технологий данного технологического уклада [1]



Каждый этап в цикле развития обуславливает фактор, дающий новый толчок совершенствованию технологий. Завершение цикла развития означает переход к новому технологическому укладу и цикл повторяется.

# Порядок смены технологических укладов в процессе мирового экономического развития с 1770 года по настоящее время [1]



**Спираль развития общемирового  
промышленного производства и итоги  
модернизации целлюлозно-бумажной  
промышленности, проведенной в V цикле  
«Микроэлектроника»  
(1970-2010 годы)**

1. В качестве итогов развития ЦБП рассмотрим изменения:

1.1. В ключевых показателях материальной и энергоэффективности производства;

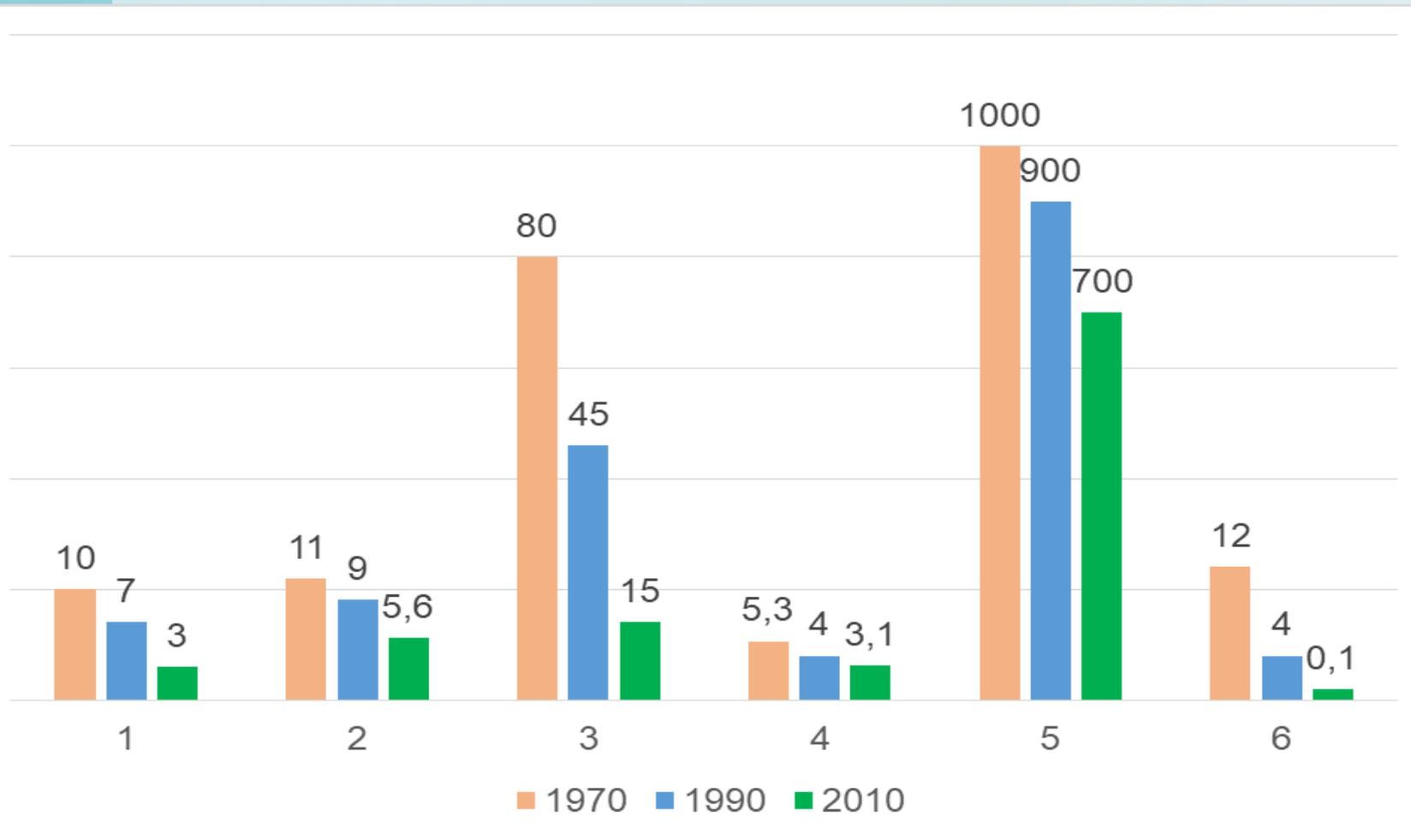
1.2. В единичной производственной мощности технологических потоков.

2. Развитие технологий начинается с научно-технического

этапа, поэтому выберем открытия и на их примере

рассмотрим как они повлияли на развитие спирали технологий в ЦБП.

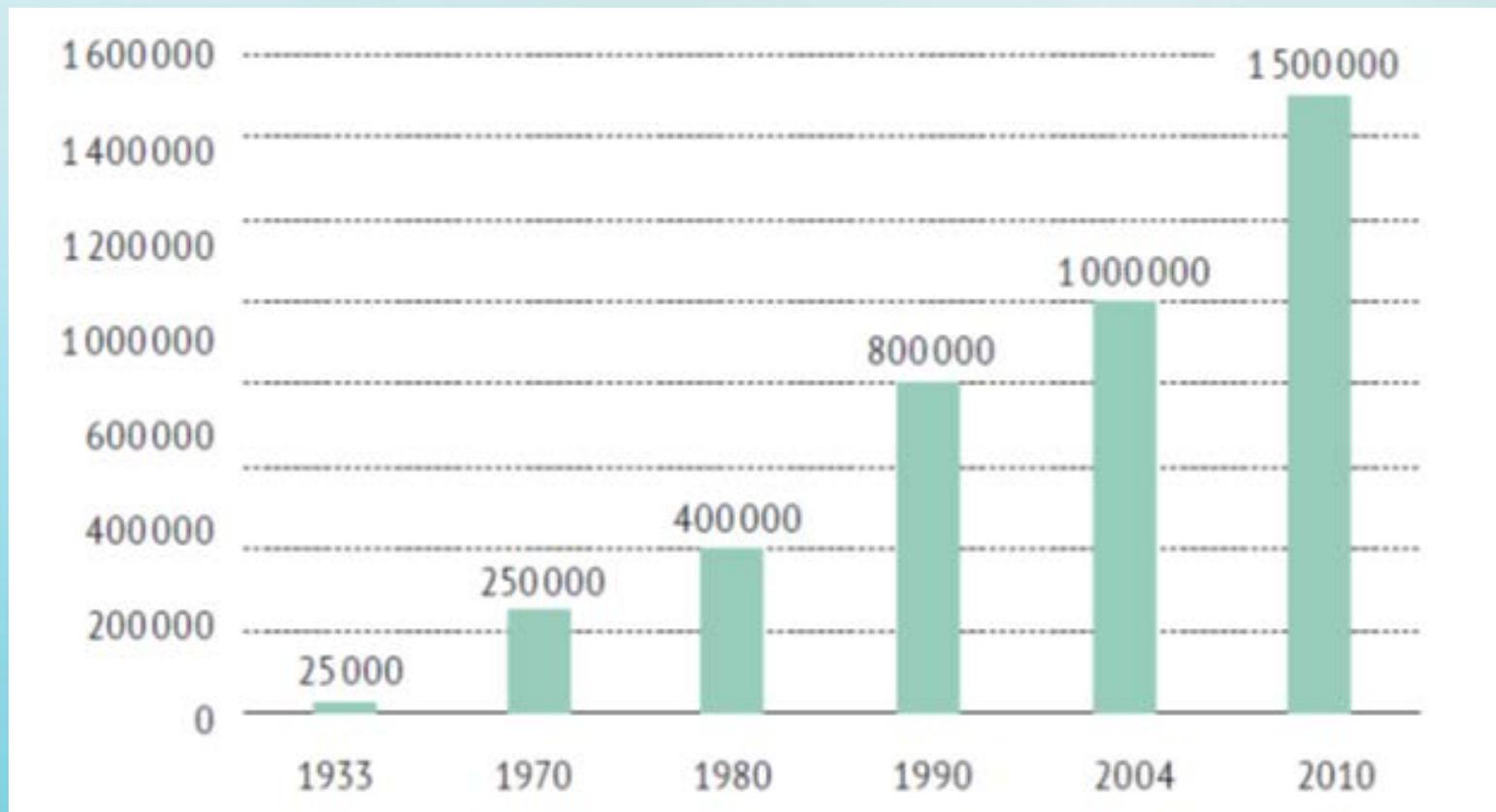
# Сравнение применяемых в ЦДТ технологии по ключевым удельным показателям в 1970-х, 1990-х и 2010-х годах [2]



Можно отметить, что если потери годной древесины при подготовке щепы в 1970-ые годы составляли 10%, то к 2010 году они сократились в 3 раза, за этот период удельные потери волокна при отбелке целлюлозы сократились почти в 2 раза, потребление свежей воды более чем в 5 раз, удельный расход пара на 40%, электрической энергии на 30%, а сброс АОХ в 120 раз!

1- потери древесины при подготовке щепы, %; 2- потери целлюлозы при отбелке, %;  
3- расход воды, м<sup>3</sup>/т; 4- расход пара, Гкал/т.; 5- расход электроэнергии, кВт.ч/т ; 6- сброс АОХ, кг/т

# Мощность производства сульфатной целлюлозы одним технологическим потоком, т/год



Рост объемов производства с 1970 по 2010 год вырос в 6 раз!

Рассмотрим некоторые открытия в рамках научно-технического этапа, результаты которых дали значительный толчок в спирали развития производственных процессов в ЦБП

Результаты огромного количества проведенных исследований внесли свою лепту на научно-техническом этапе развития мировой ЦБП. Автор для примера выбрал научные результаты только двух работ:

- исследование условий псевдооживления целлюлозной суспензии средней концентрации массы (10-12%);

- анализ механических свойств целлюлозы по внешнему виду волокон.

Этот выбор не умаляет значения других исследований, он призван только показать как развитие фундаментальных и прикладных исследований вносит вклад в создание технологического суверенитета Страны. Однако, по официальным данным расходы на НИОКР в РФ составляют всего 0,01% от ВВП отрасли, что существенно ниже среднего зарубежного уровня 1,4% ВВП и уровня стран – лидеров (Финляндия 2% и Норвегия 3,1%) [3]. Но если взять средства на научные исследования в абсолютных величинах, то сравнение затрат выглядит более зримо, так в России затраты составляют – 2,3 млн долл. США, что в 100 раз меньше, чем в Финляндии – 240 млн долл. США.

# Пояснение причин выбора открытия эффекта псевдооживления массовой суспензии концентрации 10-12%

Нужно подчеркнуть, что в 1980-е годы от производства сульфатной бленой целлюлозы 80% загрязнений поступало на очистные сооружения из отбельного цеха. Поэтому снижение расходов материальных ресурсов и сбросов загрязнений по ключевым показателям (2-6), представленные на слайде 7, были получены в основном от внедрения новых технологий в отбельном цехе.

Среди множества реализованных технических задач, которые обеспечили резкое снижение ресурсопотребления в отбельном цехе, выделим те, которые основаны на открытии эффекта псевдооживления массовой суспензии средней концентрации 10-12%, при котором на доли секунды разрывается сетка волокон и суспензия приобретает текучесть. Этот результат фундаментальных исследований послужил основой для разработки конструкции перекачивающего и смесительного оборудования, работающего при средней 10-12% концентрации массы взамен низкой концентрации 3-5%. В табл. 1 показана роль открытия эффекта псевдооживления массы средней концентрации по этапам спирали развития технологий в ЦБП, которые впоследствии стали наилучшими доступными технологиями (НДТ) для делигнификации и отбеливания целлюлозы ЕСФ, показатели которой (2-6) отмечены на слайде 7 зеленым цветом.

# Таблица 1. Результаты открытий ученых и их роль в спирали развития технологий ЦБП (1970-2010гг)

Научно-технический этап	Технико-экономический этап	Экономически-социальный этап	Социально-регуляторный этап
<p>Открытие эффекта псевдооживления целлюлозной суспензии средней концентрации 10-12% и на его основе разработка конструкции перекачивающего и смесительного оборудования при средней концентрации взамен низкой концентрации 3-5%.</p>	<p>Разработка оборудования для установок кислородно-щелочной делигнификации, окислительного щелочения, промывки целлюлозы при средней концентрации целлюлозной суспензии</p>	<p>Сокращение: удельного водопотребления в отбельном цехе в ~ 3 раза. Снижение удельного расхода отбеливающих реагентов на ~20%. Сокращение на ~50% количества сбрасываемых загрязнений на очистные сооружения. Сокращение сброса АОХ в водоемы в 3-4 раза и прекращение сброса хлороформа</p>	<p>Появление понятия наилучшие доступные технологии (НДТ). Отказ от неэкологических технологий отбели.</p>

# Пояснение причин выбора анализа механических свойств целлюлозы по внешнему виду волокон

Кто бы мог подумать в начале 1970-х годов, что наблюдаемое учеными прохождение ламинарного потока волокон через капилляр с появлением электронной оптики и цифрового процессора позволит в **1975 году** разработать первый анализатор костры для оптимизации работы участка сортирования. В **1980-е годы** работа ученых позволила измерять среднюю величину волокна непосредственно в потоке, а в **2010-ые годы** оптический анализатор уже неотъемлемая часть управления качеством продукции на производственных потоках. В композиции по волокну оптический анализатор позволяет сосчитать волокна каждого вида в 1г массы. Это дает возможность равномерно распределить состав волокон в структуре влажного полотна для придания ему прочности, что является залогом безобрывной работы скоростного бумагоделательного оборудования. В таблице 2 показана роль открытия зависимости механических свойств волокон от их внешнего вида и его влияние на спираль развития технологий в ЦБП в соответствии с рисунком на слайде 3.

## Таблица 2. Результаты открытий ученых и их роль в спирали развития технологий ЦБП (1970-2010гг)

Научно-технический этап	Технико-экономический этап	Экономически-социальный этап	Социально-регуляторный этап
<p>Использование прохождения одиночных волокон через узкий капилляр для наблюдения внешнего вида волокон и определения их количества в навеске.</p>	<p>Разработка оптического анализатора внешнего вида волокна для определения количества в навеске с автоматическим отбором проб из основных точек массного потока</p>	<p>Оптический датчик позволяет: -предсказывать механические свойства целлюлозных волокон по их внешнему виду. -дозировать волокна в композиции, оптимизировать состав волокон в каждом грамме полотна, что обеспечивает его прочность во влажном состоянии.</p>	<p>Появление понятия «язык волокна», основанный на новых терминах (фактор формы, извитость, грубость волокна, число волокон на 1г), описывающих качество волокон без механических испытаний.</p>

# Причины повышенного удельного расхода древесного сырья и других ключевых показателей на 1 т товарной продукции на предприятиях России относительно зарубежных предприятий

Необходимо отметить тот факт, что использование на отечественных предприятиях однотипного зарубежного оборудования, отвечающего НДТ, не приводит к таким же результатам по показателям материальной и энергоэффективности производства. Анализ работы наших предприятий показывает, что это связано, в первую очередь, с недостатком технологической культуры производства в использовании древесного сырья [4], которая должна неукоснительно соблюдаться:

- окорка баланса и рубка щепы только однопородного состава;
- варка целлюлозы однопородной древесины.

Из-за несоблюдения технологической культуры на отечественных предприятиях в итоге:

- потери древесного сырья при подготовке щепы выше (см. слайд 16)
- выход товарной беленой целлюлозы из смеси лиственных или из смеси хвойных пород на отечественных предприятиях на 2% и более ниже, чем на зарубежных предприятиях. Следовательно, для производства 500000 т товарной целлюлозы потребуются дополнительно сварить 10000 т целлюлозы, на что потребуются заготовить еще 40000 пл. м<sup>3</sup> щепы и затратить другие материальные и энергетические ресурсы на варку и отбелку целлюлозы дополнительно, что и отражается в повышении их удельных расходов относительно зарубежных предприятий, представленных на слайде 7.
- механические свойства целлюлозного полуфабриката из-за смеси волокон с разной толщиной клеточной стенки ниже, чем у конкурентов [5].

# Потери годной древесины при подготовке щепы из круглого леса по традиционной технологии 1980-х годов и по технологии, соответствующей НДТ [6]

	Стадия производства волокна	Потери годной древесины, %			
		Ель	Сосна +ель	Сосна+ель +лиственница	Береза +осина
1	Данные промышленных предприятий РФ по традиционной технологии 1980-х годов	4,0	5,8	7,2	9,8
2	По НДТ (размораживающий транспортер + рубительная машина с горизонтальной подачей бревна и нижней выгрузкой щепы)	2,6*			3,0*
3	Дополнительные потери древесины по сравнению с НДТ	1,4	3,2	4,6	8,1

Примечание: \* - величина потерь по данным производителей оборудования. В БИТС 1-15 потери круглого леса при подготовке щепы на действующих производствах оценены как 9-12%.

# Выводы:

1. Повышение качества целлюлозных полуфабрикатов и одновременное снижение производственных затрат возможно за счет использования однопородного древесного сырья при подготовке щепы и варке целлюлозы;
2. Дальнейшее снижение удельного водопотребления и расхода химических реагентов в отбельном цехе возможно за счет повышения существующей средней концентрации массы 12% до концентрации 30%.
3. Использование анализа изображения волокон для прогнозирования механических свойств волокон - необходимое условие для дальнейшего повышения производительности технологических потоков.

# Новый технологический уклад «Нанотехнологии». Стадия роста

Начиная с 2010-х годов мировое промышленное производство постепенно переходит от уклада «Микроэлектроника» к новому технологическому укладу «Нанотехнологии» (рис. на слайде 4). Отмечается [1], что в настоящее время нанотехнологии пока находятся на стадии роста и становятся ключевым фактором нового мирового технологического уклада в экономике.

В соответствии с данными представлениями для развития экономики РФ была предложена [X] структура производства nano-технологических продуктов и их использование в наступающем VI технологическом укладе (см. слайд 18). Представляет интерес рассмотреть развитие nano-технологий применительно к ЦБП.

# Структура производства и продуктов нового (VI) технологического уклада [7]



Примечание: ИКТ - информационно-коммуникационные технологии

Актуальность развития мировой ЦБП связана с ростом потребности в бумажно-картонной продукции, которая к 2030 г вырастет с 440 млн т в настоящее время до 570 млн т или на 30% (данные RISI). Прогнозируется устойчивый рост в сегментах санитарно-гигиенических бумаг (+19,4 млн. тонн), и особенно тары и упаковки (+81 млн. тонн).

Рост производства бумажно-картонной продукции для упаковки потребует создания защитных барьерных свойств без применения пластиков и синтетических пленок. Кроме того, потребуется улучшать печатные свойства бумаг при снижении их себестоимости.

Возможность применения микрофибриллированной целлюлозы (МФЦ) в производстве полиграфической и упаковочных бумаг известна с начала 1980-х годов [8]. Однако применение МФЦ в промышленности ограничивала ее высокая стоимость, связанная с высокими затратами энергии на размол и использование дорогостоящего оборудования. И только в последние годы с появлением композита на основе минеральный наполнитель/МФЦ, получаемого при совместном размолу целлюлозы и минерала, стал доступен по цене и получил широкое применение [8]. В частности, МФЦ увеличивает межволоконные связи и прочность бумаги, добавка МФЦ при прохождении мокрой части бумагоделательной машины позволяет производить бумагу с более высоким содержанием наполнителя. Как правило, добавление 2% МФЦ позволяет увеличить содержание наполнителя примерно на 10%, например с 20 до 30% [9], что снижает производственные затраты. Также МФЦ входит в состав меловальных паст и барьерных покрытий. Показано, что применение находят не только наноразмерные по величине частицы целлюлозы, а также волокна, с нанесенными на их поверхности наноразмерными повреждениями микрофибрилл.

Кроме уже вошедших в практику направлений использования порошковых видов целлюлозы в медицине, пищевой промышленности, производстве сухих строительных смесей, она может применяться для 3d- печати, в производстве гибкой и печатной электроники, в элементах питания и производстве целлюлозных порошков с магнитными свойствами и других направлениях.

В частности, в этом направлении работает ООО «Техсервис» и создает опытно-промышленную установку для получения порошковой и микрокристаллической целлюлозы различного назначения (см. на слайде 22). Полученные пилотные образцы целлюлозных порошков испытываются по различным направлениям применения:

- питательная среда для выращивания ферментов;
- порошки для сухих строительных смесей;
- порошки для 3d- печати и придания магнитных свойств;
- порошки и гели для упрочнения бумажного полотна во влажном состоянии.

# Общий вид опытной установки для получения МКЦ в ООО «Техсервис»

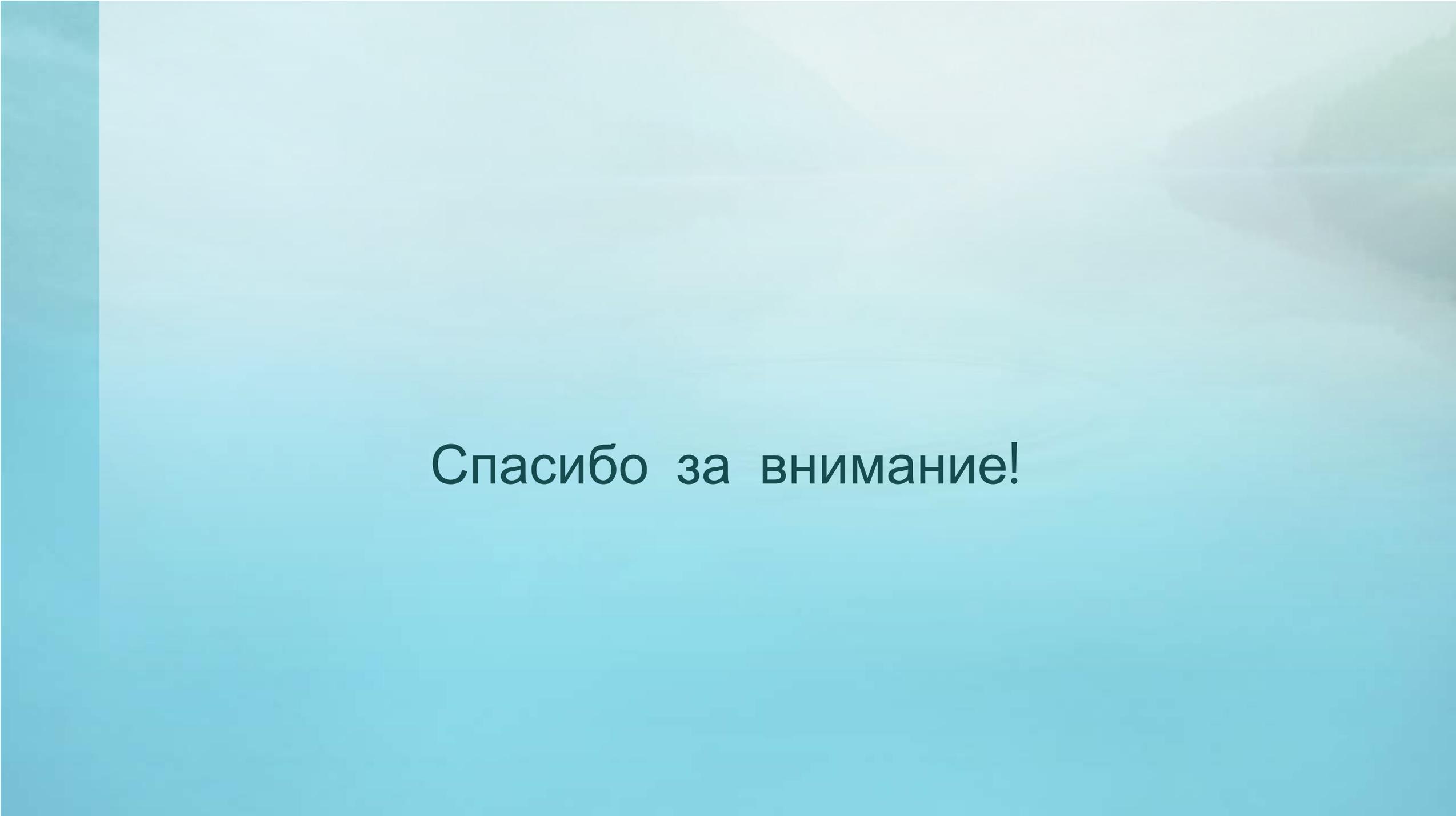


# Заключение

В наступающем VI –ом технологическом укладе «Нанотехнологии» применительно к ЦБП одну из задач научно-технического этапа можно сформулировать как «Открыть технические возможности для промышленного производства дешевых порошкообразных целлюлозных материалов с различными потребительскими свойствами».

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.Ю. Глазьев Нанотехнологии как ключевой фактор нового технологического уклада в экономике : монография / [С. Ю. Глазьев и др.] ; под ред. С. Ю. Глазьева, В. В. Харитонов. - Москва : Тривант, 2009. - 304 с
2. А.М. Кряжев, О.В. Голуб, А.Ю. Санжаровский. Энциклопедия технологий 2.0. Производство неметаллов. Раздел 4. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона / [гл. ред. Д.О.Скобелев ]; ФГАУ «НИИ «ЦЭПП».-М.: СПб.: «Реноме». 2033.-с.319-460.
3. Направления развития лесопромышленного комплекса России. М.: Мин-во пром-сти и торговли РФ, 2017. 15 с. URL
4. А.М. Кряжев Наилучшие доступные технологии- основа развития целлюлозно-бумажной промышленности и лесопромышленного комплекса России в XXI веке. Санкт-Петербург, 2020, 90С.
- 5.В.И. Комаров Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов, АГТУ. 2002-440с
6. Энциклопедия технологий. Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий / [гл. ред. Д.О.Скобелев ]; ФГАУ «НИИ «ЦЭПП».-М.: СПб.: «Реноме». 2019.-с.562-646
7. Источник: О стратегии развития экономики России: Научный доклад. М.: Национальный институт развития, 2011 из кн. С.Ю Глазьева Управление развитием экономики: курс лекций/С.Ю.Глазьев,-2019.-759, с.156 [3].
8. Svending, P., Phipps, J., and Skuse, D., "'MicrofibriMated Cellulose, a new dimension in papermaking,'" Specialty Papers Europe Symp, TAPPI/Smithers Pira, Peachtree Corners, GA, USA/Leatherhead, UK, 2016.
9. Turbak, A.F., Snyder, F.W., and Sandberg, K.R., J. Appl. Polym. Sci.: Appl. Polym. Symp. 37: 815(1983).

A misty, blue-toned landscape with mountains and a lake. The scene is hazy and atmospheric, with a soft blue color palette. The mountains are in the background, and a body of water is visible in the foreground. The overall mood is calm and serene.

Спасибо за внимание!

# Структура стоимости древесины у лесозаготовителей России и Финляндии в начале XXI века

(Якко Поури, 2002г)

Попенная плата в РФ 2,1\$ (13%) в Финляндии 26,4\$(66%)

Лесозаготовка в РФ 8,3 (51%) в Финляндии 8,4\$(21%)

Транспортировка в РФ 5,9\$(36%) в Финляндии 5,2\$ (13%)

Всего в РФ 16,3\$ (100%) в Финляндии 40\$ (100%)

## Вывод

В начале XXI века низкая стоимость 1 м куб. круглого леса в РФ была только из-за низкой попенной платы, установленной государством в 2001 г. В 2007 г Правительство увеличило попенную плату до 4,1\$, а начиная с 2018 г её увеличило с коэффициентом 2,17 и далее ежегодно с повышающим коэффициентом (2,38; 2,62)