



SciTech  
Service

# SciTech-Service Oy

---

“Technology is the  
application of science  
for business objectives”

---

“Технология – это  
применение науки для  
решения задач  
бизнеса”

# СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОЧНОСТЬ ВОЛОКОН ХВОЙНОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Профессор, доктор наук, Пану Тикка  
Доктор наук, Эрик Энkvист

Scitech-Service Oy Ltd  
Финляндия

[panu.tikka@scitech.fi](mailto:panu.tikka@scitech.fi)  
[eric.enqvist@scitech.fi](mailto:eric.enqvist@scitech.fi)

## СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВОЛОКОН ХВОЙНОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

- Крафт-волокна хвойной древесины используются из-за превосходных прочностных свойств итогового бумажного полотна (существует устоявшийся термин «крафт-целлюлоза - прочная целлюлоза»)
- Но насколько сохранены природные качественные свойства при обработке древесины, дроблении, хранении, варке, упаковке, перемещении, воздействии сдвиговой силы оборудования и прочих процессах?
- Чтобы ответить на этот вопрос, был разработан и использован метод систематической и научной оценки:

### СОХРАНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ

или, выражаясь шире: **сохранение качества**

## СОХРАНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ / СОХРАНЕНИЕ КАЧЕСТВА

- Свойства целлюлозной массы сравниваются со свойствами соответствующей идеальной лабораторной референцией. Проведённые ранее заводские исследования показали, что особенно важный процент прочности на разрыв при на удивление сильно варьируется - от 60 до 100%, в зависимости от системы и условий варки.
- Метод сохранения прочности позволяет оценить эффективность варки и сравнить различное оборудование, условия и участки производства, независимо от изменений качества сырья. Качество лабораторной целлюлозы отмечено, как «100%».

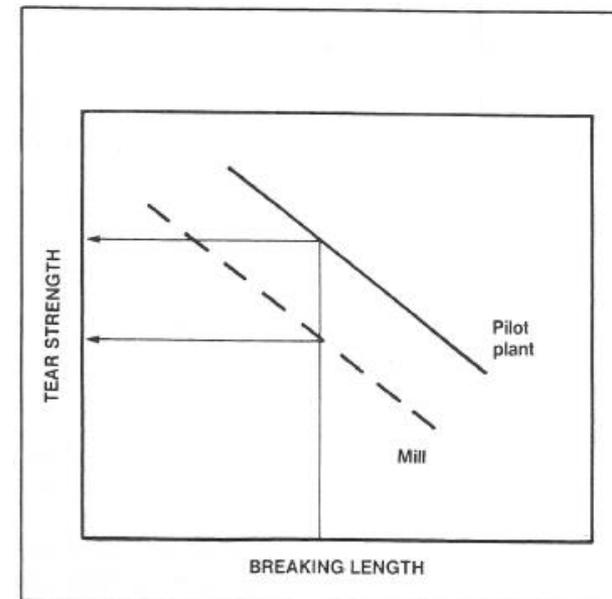


Рисунок 1. Заводская целлюлоза из хвойных пород, слабее, чем целлюлоза, изготовленная на опытной установке / MacLeod /.

## ГДЕ ВОЗНИКАЮТ ПОТЕРИ ПРОЧНОСТИ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ВОЛОКНА?

- Комплексные исследования этапов на линиях волокна показали, что наихудший процесс – сульфатная варка. Существует «рейтинг» процессов от худшего к лучшему:
  - котлы непрерывного действия с горячей выдувкой и с низким гидромодулем (SD 50%)
  - Периодические варочные котлы с горячей выдувкой (SD 60%)
  - Непрерывные парофазные варочные котлы с холодной выдувкой (SD 70-80%)
  - Непрерывные варочные котлы с низкой температурой холодной выдувки (80 - 90%)
  - Периодические варочные котлы с замещением и с холодной выдувкой (90-100%)

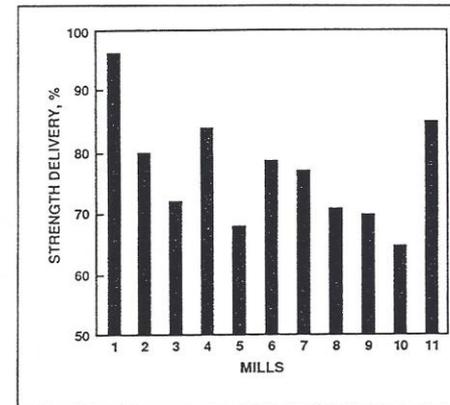


Рисунок 3.

Сохранение прочности в небеленой крафт-целлюлозе от серийной варки на скандинавских и североамериканских заводах: 1. периодические варочные котлы, 2. обычная холодная выдувка, 3-11. обычная

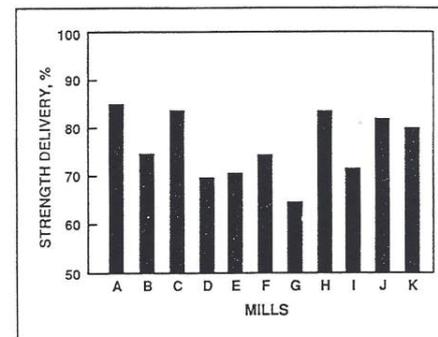


Рисунок 4.

Сохранение прочности от 11 однокамерных гидравлических систем непрерывного действия.

## ГДЕ ВОЗНИКАЮТ ПОТЕРИ ПРОЧНОСТИ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ВОЛОКНА?

- При сульфатной варке волокна повреждаются во время высокотемпературной компрессии щепы, трения, и выгрузки массы.
- Очень высокий выход прочности современной периодической варки обусловлен отсутствием возникновения какого-либо напряжения или воздействия сдвигового усилия на целлюлозу в процессе.
- Другими участками потери прочности на линии волокна являются насосы средней концентрации, клапаны регулирования расхода, разгрузка реактора высокого давления, промывочные прессы, сушильная машина.
- Предел прочности древесины лиственных пород в целом высокий, на 90% и более - из-за короткого волокна.
- Сохранение прочности волокна сульфитной целлюлозы составляет почти 100%, но уровень прочности в целом довольно низкий... 50% прочности сульфатной целлюлозы.

## ЧТО НЕ ТАК С ЗАВОДСКОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОЙ?

- Волокна повреждаются в интенсивном заводском процессе. Щелочные волокна при высокой температуре очень уязвимы. Происходит несколько видов повреждений:
  - Деформации (скручивание, изгибы, скручивания)
  - Расслоение (разрыхление и отделение волокнистой стенки, образование пор)
- Разрыхление (увеличение пор) стенок волокна - самое опасное изменение:
  - Длина волокна, ширина и т.д. Не изменены
  - Там нет прямого измерения повреждения волокна

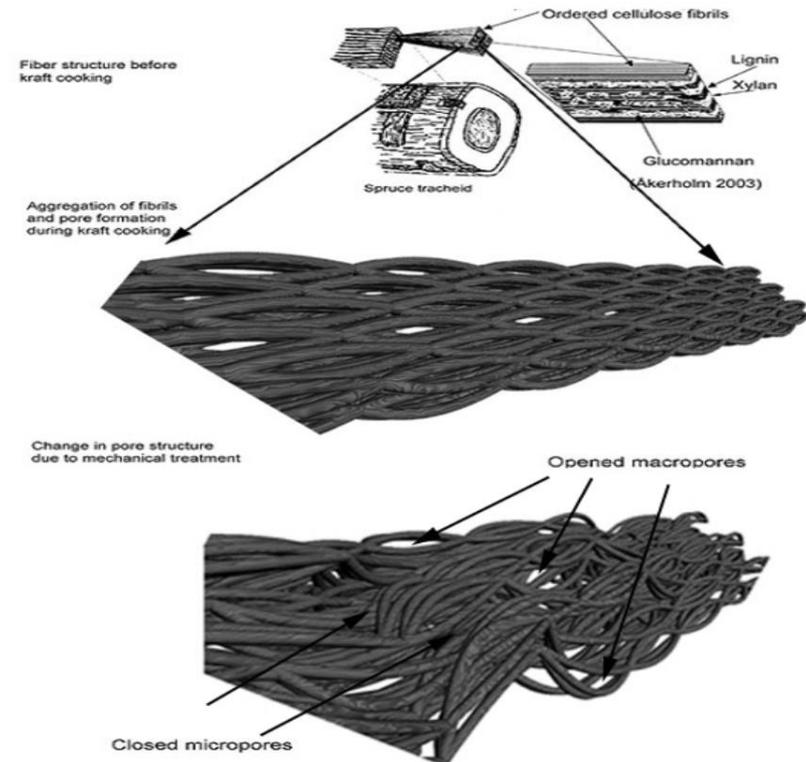


Рисунок 2. Предполагаемый механизм разрушения волокнистой стенки / Joutsimo /

## ЧТО НЕ ТАК С ЗАВОДСКОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОЙ?

Последствия серьезны: волоконная сеть из разрыхленных клеточных стенок уступает неповрежденным волокнам по следующим параметрам:

- Потеря прочности на растяжение (обычно -10%)
- Потеря прочности на разрыв - при растяжении (обычно от -10 до -40%)
- Потеря вязкости разрушения (от -10 до -30%)

- ➔ Способность к укреплению целлюлозы хвойных пород значительно ниже
- ➔ При использовании сульфатной целлюлозы теряется огромное количество потенциальной прочности бумаги, что требует более высокого процента армирующей целлюлозы и затрат на состав

## СУЩЕСТВУЕТ ЛИ СРЕДСТВО ПО УЛУЧШЕНИЮ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА? ЧТО УЖЕ БЫЛО ПРЕДПРИНЯТО?

Интенсивный период НИОКР по повреждению промышленной целлюлозы, эффективности варки и сохранению прочности продолжался в 1985 - 2005 гг. Примерно в то же время, что и интенсивное развитие и глобальные инвестиции в сульфатную варку: по мере распространения крафт-целлюлозы из хвойных пород с длинными волокнами, сохранение прочности стало частью рабочих характеристик технологического оборудования и гарантией качества.

Развитие технологии, особенно непрерывного процесса варки привело к различным положительным результатам с точки зрения сохранения прочности:

- значительно ниже температура и давление варки, меньше сдвиговое напряжение
- большее количество щёлока сокращает зоны высокого уплотнения / трения

С начала 2000-х годов повреждение и прочность волокон не было активной темой исследований в институтах и публикациях. Ситуация, безусловно, улучшилась с 1980-х годов, но все же большая часть свойств длиноволокнистой целлюлозы теряется в процессе сульфатной варки. Сейчас это вызов, область роста и объект для изучения на фабриках и в лабораториях целлюлозно-бумажных компаний.

## ВОЗМОЖНОСТЬ ДЛЯ БУДУЩЕГО

Каждая фабрика, производящая длиноволокнистую крафт-целлюлозу из хвойной древесины, должна хорошо знать

1. Потенциал технической прочности бумаги из их хвойного сырья;
2. Физические характеристики цехов сульфатной варки.

Эти два фактора вместе обеспечивают большую часть конечного качества целлюлозы из хвойных пород.

Сырье можно выбрать и обработать, исходя из требований клиентов.

Физические характеристики, в том числе сохранение прочности целлюлозы, жизненно важны для постоянного развития в направлении улучшения процессов и повышения прибыльности, а также в качестве цели для поставщиков оборудования.

## ВОЗМОЖНОСТЬ ДЛЯ БУДУЩЕГО

Scitech-Service Oy Ltd, совместно с канадским научно-исследовательским институтом PAPRICAN / FPInnovations, разработали программы заводских и лабораторных исследований. Были исследованы и протестированы около 30 производств сульфатной целлюлозы.

Весь накопленный опыт и банк данных доступен к вашим услугам в различных формах от нашего российского партнера, **ООО «Макорус»**.

- Консалтинг, планирование, инструктаж исследований сохранения прочности и анализ результатов / сравнительный анализ
- Аналитические и испытательные услуги для эталонной лабораторной и заводской целлюлозы
- Организация и проведение исследований по сохранению прочности совместно с организацией заказчика

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tikka, P.O., MacLeod, J.M., Kovasin, K.K., Химические и физические характеристики крафт-варки: влияние технологических альтернатив. Журнал TAPPI Journal, том 74. № 1. Январь 1991, стр. 137 - 143.
2. MacLeod, J.M., Прочность целлюлозы на протяжении всей линии волокна крафт-целлюлозного завода. Журнал ТАППИ, том 78, № 8, 1995, стр. 153-160.
3. Tikka, P.O., Исследования промышленных варочных котлов и эффективность варки - методы и применение. Диссертация, Хельсинкский технологический университет, Лаборатория целлюлозно-бумажных технологий, Эспоо, 2000, ISBN 951-22-5183-3.
4. Joutsimo, O., Влияние механической обработки на свойства крафт-волокон хвойных пород. Диссертация Хельсинкский технологический университет, Эспоо, 2004, ISBN 1457-6252.
5. Iribarne, J., Потеря прочности при сульфатной варке. Диссертация, Государственный университет Нью-Йорка, Колледж естественных и лесных наук, Сиракузы, Нью-Йорк, 1998.

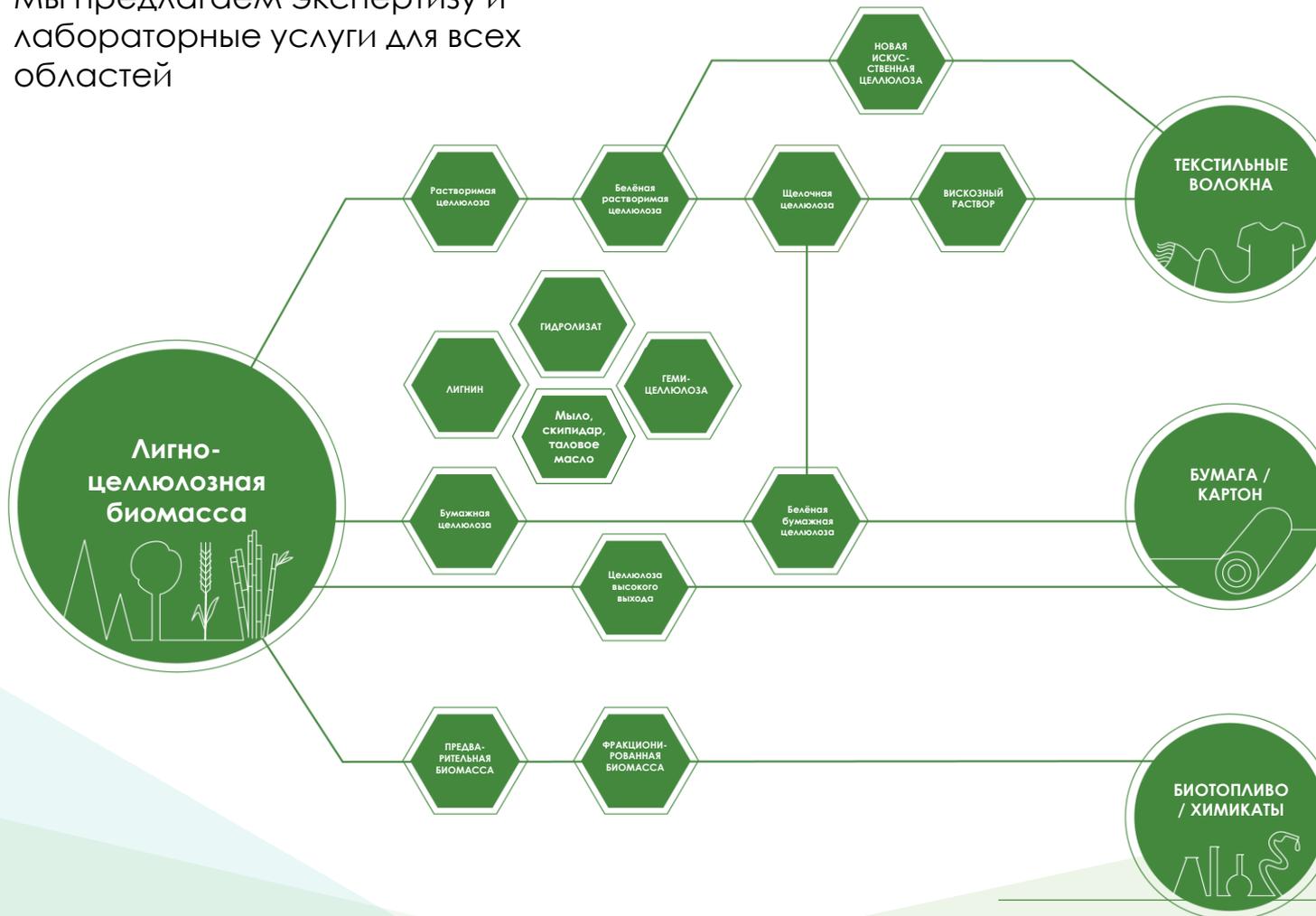
## НЕМНОГО О SCITECH SERVICE

- Организация учреждена в 1983 г.
- Year 2018 key figures
  - Оборот 1.5 М€
  - 29 клиентов обслуживаются в Европе, Северной Америке, Азии, Африке и Австралии
- Команда в г. Хельсинки: 8 экспертов (5 д.н., 1 б.н., 2 м.е.н.)
- Лаборатория в г. Раума: 1 м.е.н., 3 специалиста (100% дочерняя компания, Experimentis Oy Inc)
- Глобальная сеть ведущих мировых экспертов



## ОБЛАСТИ КОМПЕТЕНЦИИ

Мы предлагаем экспертизу и лабораторные услуги для всех областей



## НЕМНОГО О МАКОРУС

- Основана в 2012 г.
- Опыт реализации крупных инвестиционных проектов в России и за рубежом
- Отраслевая специализация:
  - Лесная Промышленность
  - Целлюлозно-Бумажная Промышленность
- Надежные российские и европейские партнёры
- Офис компании находится в г. Санкт-Петербурге



## ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА МАКОРУС

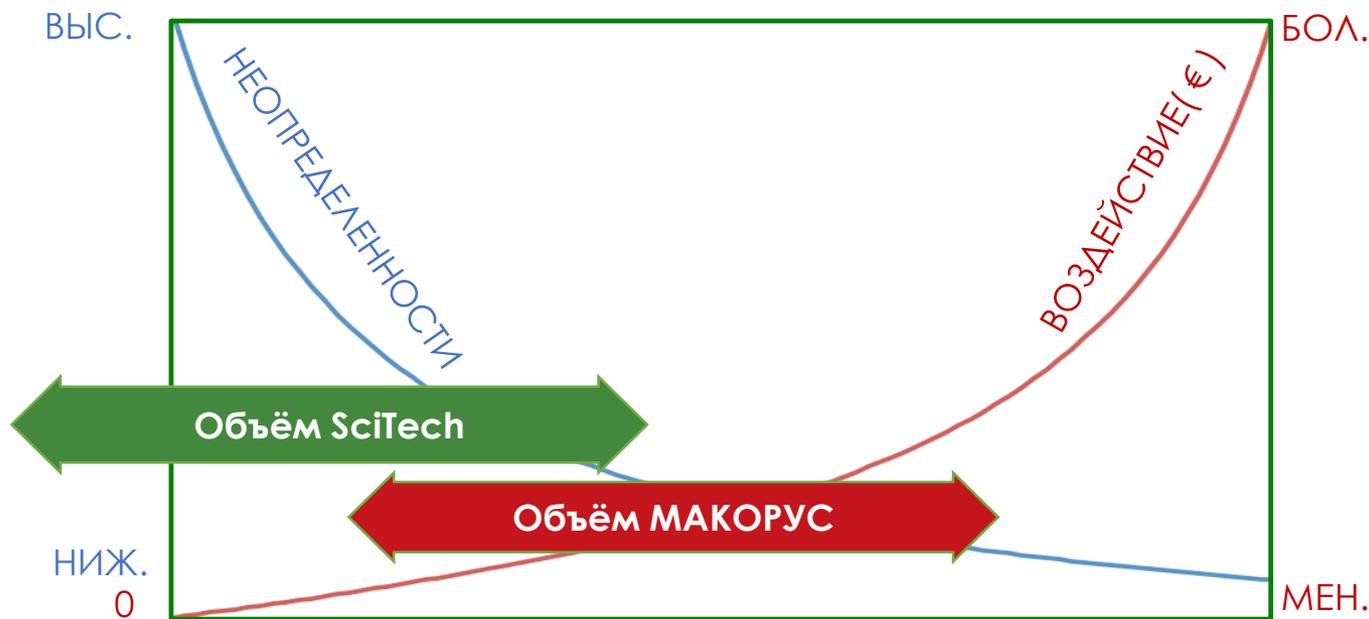
- ❑ Сделать более эффективными проекты и деловые практики предприятий в лесной и целлюлозно-бумажной промышленности за счет РЕШЕНИЙ, ориентированных на цели клиента.

## НАШЕ УЧАСТИЕ В ПРОЕКТАХ

Риск = Неопределенность x Воздействие

Неопределенность = Неопределенность производственного успеха

Воздействие = Размер потенциальной потери (например, инвестиционные расходы)



**TRL 1**

ИДЕЯ

НИОКР

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ЗАВОДСКОЕ  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ

РЕАЛИЗАЦИЯ  
ИНВЕСТИЦИЙ

ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ

**TRL 9**