



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова»

*Кафедра технологии химической переработки биомассы дерева*  
*Кафедра химии*

## Изготовление фурфурола и композиционных материалов из берёзовых опилок

Докладчики – *Иванов Даниил Валерьевич*, доцент кафедры ТХПБД, СПбГЛТУ им. С.М. Кирова; *Пименов Сергей Дмитриевич*, преподаватель кафедры химии, СПбГЛТУ им. С.М. Кирова

# ФУРФУРОЛ

**Фурфурол** – химикат, который используют в нефтехимии, фармацевтике, медицине, производстве промышленных клеёв, стекловолокна, деталей самолётов и т.д.

**Мировые мощности производства фурфурола в 2025 г. составляли 400...480 тыс. тон в год (данные из открытых источников)**



## Пять причин производить фурфурол

- 1. Высокая рыночная стоимость и рентабельность производства.** По данным на 2023 г. розничная стоимость 1 л фурфурола ( $\approx 1,6$  кг) составляла приблизительно 4 тыс. руб. Мировая цена на фурфурол – около 1,5...2,0 \$ за 1 кг.
- 2. Доступность и низкая стоимость сырья.** Для производства фурфурола используют отходы предприятий ЛПК или отходы сельского хозяйства.
- 3. Импортозамещение и экспортный потенциал.** Российский бизнес получает фурфурол только из Китая. Мировой спрос на фурфурол растёт  $\approx 6$  %/год.
- 4. Технологическая осуществимость.** Технология фурфурола известна около 100 лет. Её реализация в современных условиях не представляет труда.
- 5. Китайцы так делают.**

# ФУРФУРОЛ ИЗ ОПИЛОК

ОПИЛКИ

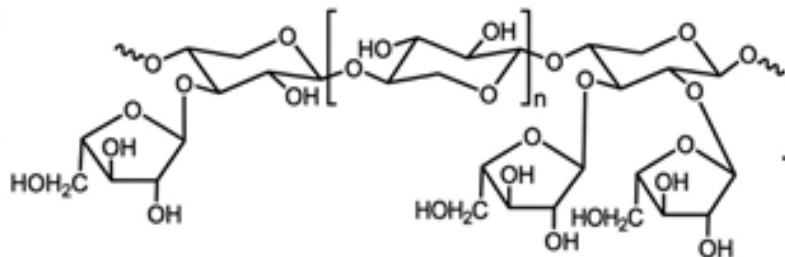


химическая  
обработка

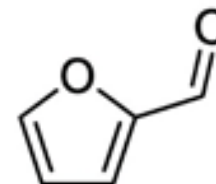
фурфурол



целлолигнин



химические реакции



фурфурол



# ЭТАПЫ ПОЛУЧЕНИЕ ФУРФУРОЛА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

---

## 1. Химическая обработка опилок:

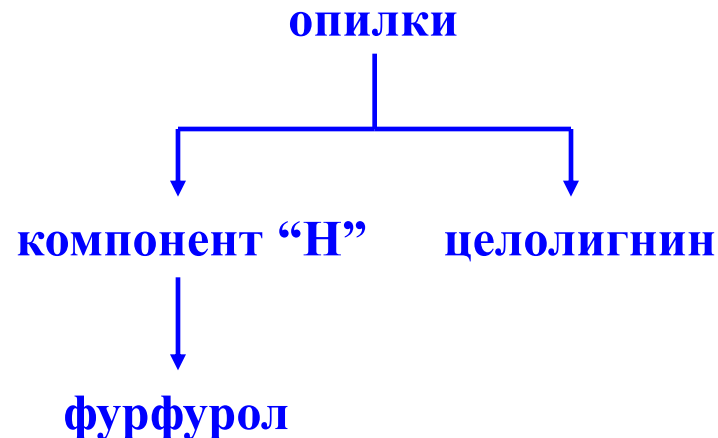
- температура – 150...160 °С;
- продолжительность – 30...60 мин;
- содержание кислоты – 0,5...3,0 % (по а.с.в);
- влажность древесины – 40 %.

## 2. Экстракция компонента “Н”

- температура – 80...90 °С;
- продолжительность – 10 мин.

## 3. Превращение компонента “Н” в фурфурол:

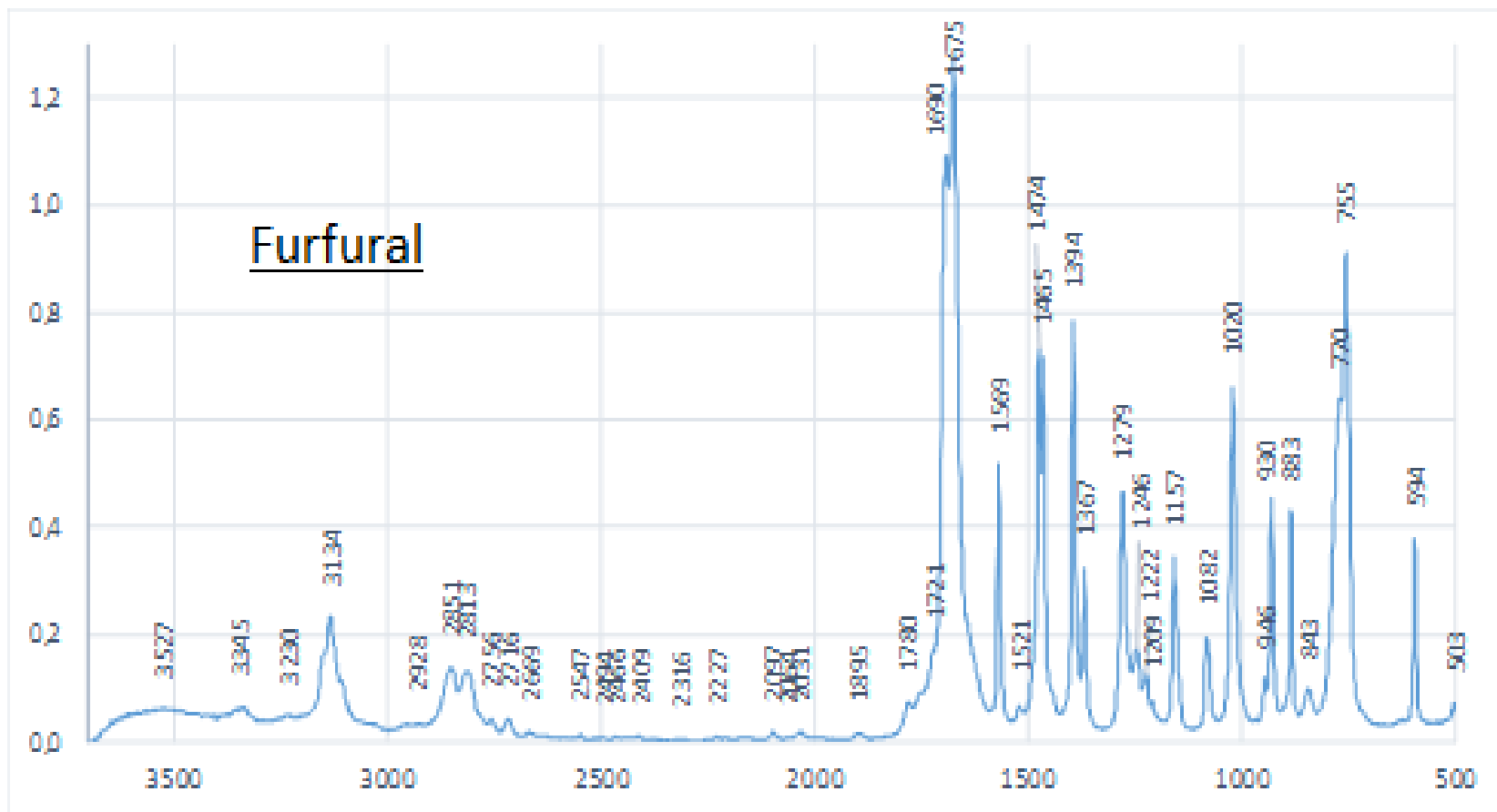
- температура – 100 °С;
- продолжительность – 90 мин;
- величина рН – 1,0
- массовое соотношение компонент “Н” : ГЭР – 1 : 1.



**Содержание компонента “Н” в исходных опилках – 25,2 %.**

## Выход фурфуrolа:

- 66,9 % от массы компонента “Н”;
- 18,5 % от массы абс. сухих. опилок.



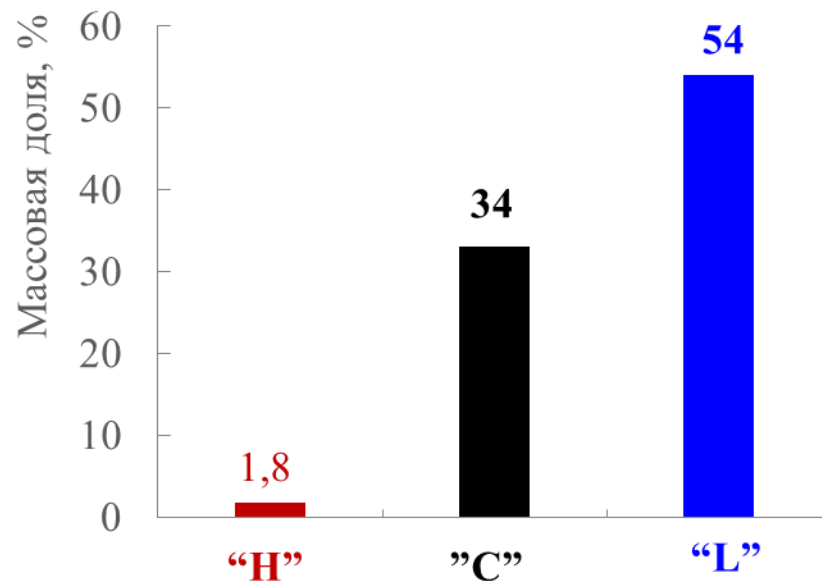
# СВОЙСТВА ЦЕЛЛОЛИГНИНА

## Фракционный состав

Номер фракции*	Частицы	
	исходные опилки	целлолигнин
–/5	–	–
5/3	1,0	0,8
3/2	11,4	5,9
2/1	54,4	46,7
1/0,5	15,0	18,9
0,5/0,25	12,2	18,1
0,25/–	6,0	9,6
<b>Всего</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

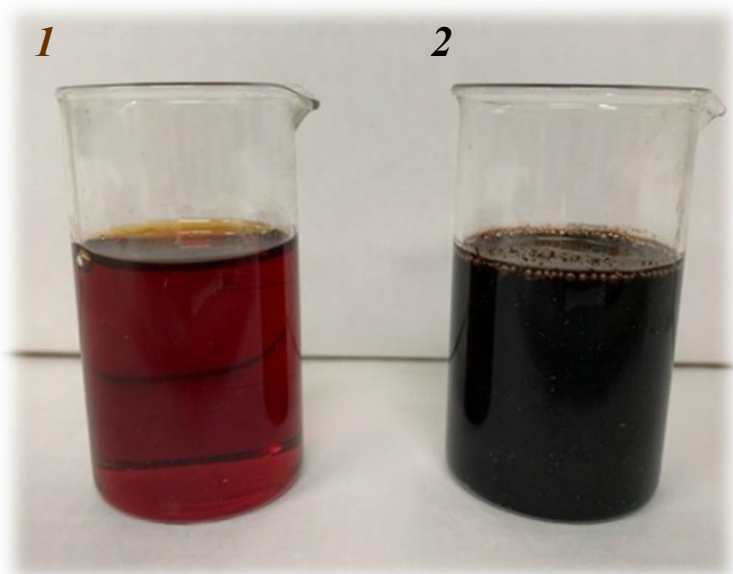
\*значение в числителе – диаметр ячеек сит через которые частицы прошли; значение в знаменателе – диаметр ячеек сит, на которых частицы остались

## Компоненты целлолигнина



содержание компонента “Н” в частицах после химической обработки **снизилось с 25,2 до 1,8 %**

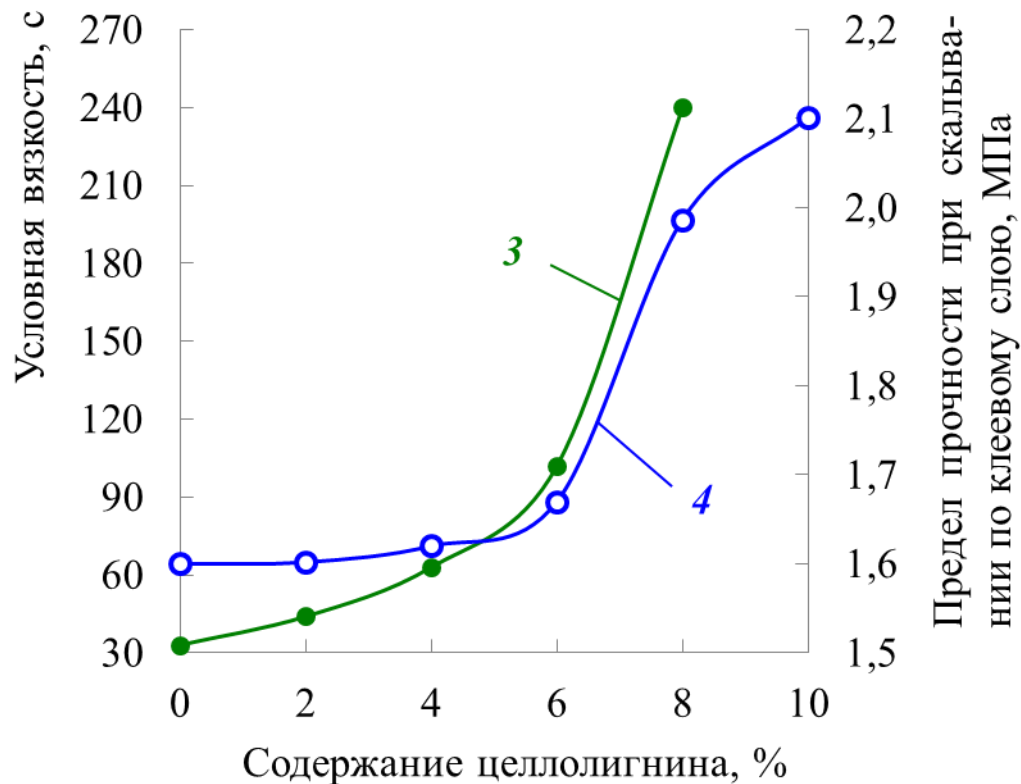
## Внешний вид клея



1 – внешний вид клея без целлолигнина;

2 – внешний вид клея с 8 % целлолигнина (фракция 0,25/–)

## Некоторые свойства клея и фанеры



3 – условная вязкость клея;

4 – предел прочности при скалывании по клеевому слою фанеры

# ПЛАСТИКИ С ЦЕЛЛОЛИГНИНОМ



Внешний вид пластиков по типу МДП (массы древесные прессовочные) из берёзовых опилок и целлолигнина:

1 – пластик из опилок;

2 – пластик из целлолигнина (фракции 5/3, 3/2, 2/1 и 1/0,5)

## Физико-механические свойства пластиков

Наименование показателя	Наполнитель		ГОСТ 11368–89
	исходные опилки	целлолигнин	
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1350	1350	1320...1380
Толщина, мм	12,1	13,0	не регламентируется
Предел прочности при изгибе, МПа	87	57	не менее 49
Разбухание по толщине, %			
• в холодной воде после 24 ч	3,7	1,9	не регламентируется
• в кипящей воде после 2 ч	0,8	0,5	не регламентируется
Водопоглощение, %			
• в холодной воде после 24 ч	2,4	0,8	3,5
• в кипящей воде после 2 ч	1,6	1,0	не регламентируется

## Физико-механические свойства древесностружечных плит

Наименование показателя	Содержание целлолигнина в наружных слоях, %						
	0	5	10	15	20	25	30
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	705	710	695	690	680	680	690
Предел прочности при изгибе, МПа	25,0	23,5	20,0	19,5	20,5	20,0	20,0
Прочность при растяжении перпендикулярно пласти, МПа	0,45	0,42	0,43	0,45	0,40	0,43	0,43
Прочность при нормальном отрыве наружного слоя, МПа	0,85	0,80	0,83	0,86	0,88	0,85	0,80
Разбухание по толщине, %	49	47	44	43	39	35	34
Содержание формальдегида (по WKI), мг/100 г	17,7	17,5	17,0	17,4	17,7	18,0	17,8

## Внешний вид древесностружечных плит



- 1 – ДСП без целлолигнина;
- 2 – ДСП с 15 % целлолигнина в наружных слоях;
- 3 – ДСП с 30 % целлолигнина в наружных слоях (фракции 3/2, 2/1 и 1/0,5)

