

Отходы грубого сортирования целлюлозы как сырье для производства формованных изделий

К.т.н., научный сотрудник ИТЦ СТПБС САФУ - Поташев А.В.

Формованные изделия (molded pulp)

Формованные изделия (бумажное литье) согласно ГОСТ Р 53636-2009 – «листы волокнистой массы, отлитые из целлюлозы для изготовления бумаги», соответствует международному термину – «molded pulp products».

Назначение – обеспечение защиты изделий от воздействия внешних факторов: соударение, сжатие, вибрации, влияние окружающей среды.

Сырье для формованных изделий:

- вторичные волокна макулатуры;
- целлюлоза из древесины;
- целлюлоза из однолетних растений.

Расширение ассортимента, сферы применения и усовершенствование технологий массового производства формованных изделий из целлюлозных волокон требует развития теоретических и практических исследований прочностного и деформационного поведения их структуры.

В качестве потенциального источника волокна для производства формованных изделий автором диссертации рассматриваются отходы грубого сортирования (так называемая «сучковая масса»), образующиеся при производстве сульфатной целлюлозы.



Цель и задачи исследования

Цель работы – разработка способа получения и оценка деформационно-прочностных характеристик формованных изделий из отходов грубого сортирования сульфатной целлюлозы.

Задачи исследования:

- выполнить анализ структурно-морфологических характеристик волокон и упруго-пластических свойств при растяжении, сжатии и изгибе образцов промышленных формованных изделий;
- установить технологические условия и параметры лабораторного моделирования формованных изделий, сопоставимых по совокупности структурно-размерных, упруго-пластических и прочностных характеристик с промышленными образцами;
- проанализировать свойства волокон отходов грубого сортирования лиственной и хвойной сульфатной целлюлозы с позиций возможности их использования в качестве сырья для изготовления формованных изделий с заданным уровнем деформационно-прочностных характеристик;
- получить образцы формованных изделий способом переработки отходов сортирования сульфатной целлюлозы и установить уровень их деформационно-прочностных характеристик при растяжении, сжатии и изгибе.

Отходы грубого сортирования целлюлозы как сырье для формованных изделий

В настоящее время в зависимости от вида вырабатываемой целлюлозы и конкретных условий производства переработка отходов сортирования сульфатной целлюлозы возможна следующими способами:

- повторная варка;
- утилизация в многотопливных котлах;
- вывоз на полигоны промышленных отходов;
- фибриллирование на специальной размалывающей аппаратуре и возвращение в основной поток массы или использование в картонно-бумажном производстве.

Применение отходов грубого сортирования целлюлозы в качестве сырья для технологии molded pulp products ранее не исследовалось.



Лиственная сучковая масса



Хвойная сучковая масса

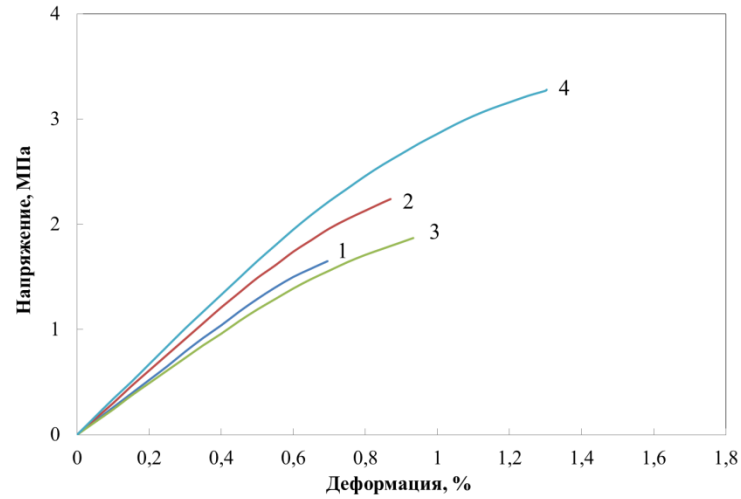
Структурно-морфологические характеристики волокон целлюлозы на различных стадиях производства

Степень помола, °ШР	Средняя длина, мм	Средняя ширина, мкм	Средний фактор формы, %	Доля мелочи, %	Число изломов на волокно, шт
<i>Отходы грубого сортирования лиственной небеленой целлюлозы</i>					
14	0,88	25,5	92,9	1,7	0,17
16	0,81	25,7	92,0	1,7	0,22
18	0,78	25,5	92,9	2,0	0,20
20	0,78	24,8	92,3	1,7	0,28
<i>Отходы грубого сортирования хвойной небеленой целлюлозы</i>					
14	1,21	28,2	90,8	4,8	0,37
16	1,20	28,2	91,1	4,7	0,35
18	1,12	27,3	90,7	4,8	0,38
20	1,12	27,2	91,2	4,7	0,34
<i>Товарная лиственная беленая целлюлоза</i>					
-	0,96	22,1	91,0	2,8	0,42
<i>Товарная хвойная беленая целлюлоза</i>					
-	1,93	26,0	84,8	5,1	0,85

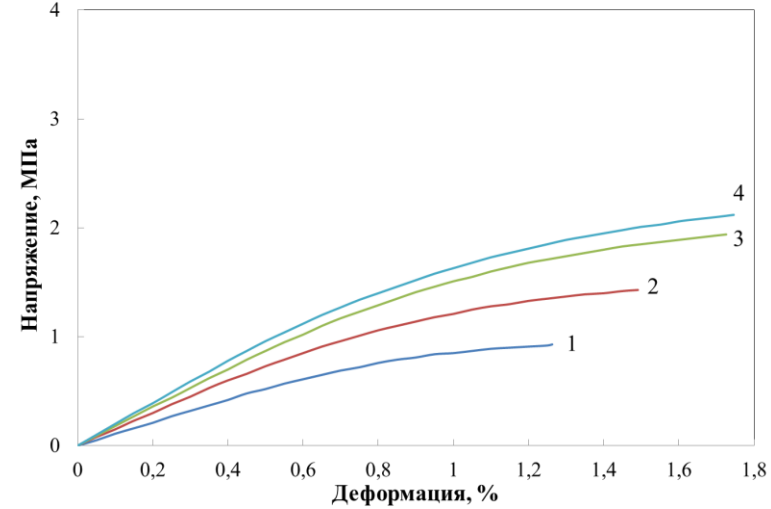
Фракционный состав волокон целлюлозы на различных стадиях производства

Степень помола ° ШР	Фракционный состав волокна (%) в диапазонах по длине, мм												
	0,2-0,5	0,5-0,75	0,75-1,0	1,0-1,25	1,25-1,5	1,5-1,75	1,75-2,0	2,0-2,25	2,25-2,5	2,5-2,75	2,75-3,0	3,0-3,5	3,5-5,0
<i>Отходы грубого сортирования лиственной небеленой целлюлозы</i>													
14	15,9	52,5	26,5	3,0	1,2	0,2	0,3	0,1	-	-	-	-	-
16	16,6	58,9	22,1	1,7	0,3	0,2	-	-	-	-	-	-	-
18	19,3	59,9	18,3	1,6	0,5	0,1	-	-	-	-	-	-	-
20	18,7	60,1	19,6	1,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Отходы грубого сортирования хвойной небеленой целлюлозы</i>													
14	12,4	19,6	16,6	19,7	8,0	6,9	3,2	3,9	2,2	2,1	2,4	2,4	1,7
16	12,6	20,4	17,0	19,1	7,7	6,7	3,6	3,6	1,9	2,2	1,5	2,1	1,9
18	14,2	22,7	17,3	18,6	6,9	6,3	3,1	3,3	1,8	2,0	0,9	1,6	1,3
20	13,6	22,0	17,5	19,5	7,0	6,5	3,2	3,3	1,5	1,9	1,0	1,6	1,2
<i>Товарная лиственная беленая целлюлоза</i>													
-	6,7	24,4	24,0	23,4	16,7	3,1	0,6	0,5	0,4	0,1	0,1	0	0
<i>Товарная хвойная беленая целлюлозы</i>													
-	5,0	5,7	6,1	6,3	6,2	6,2	6,1	6,7	6,3	15,5	12,9	9,6	10,1

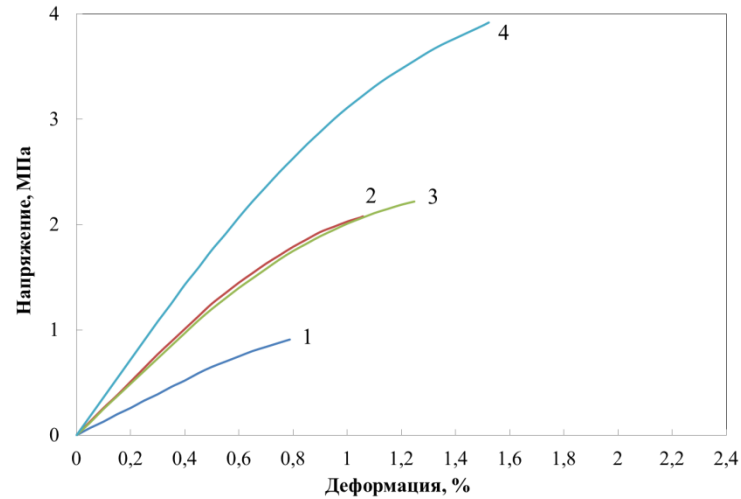
Зависимости «напряжение–деформация» лабораторных образцов формованных изделий полученных из отходов сортирования сульфатной небеленой целлюлозы



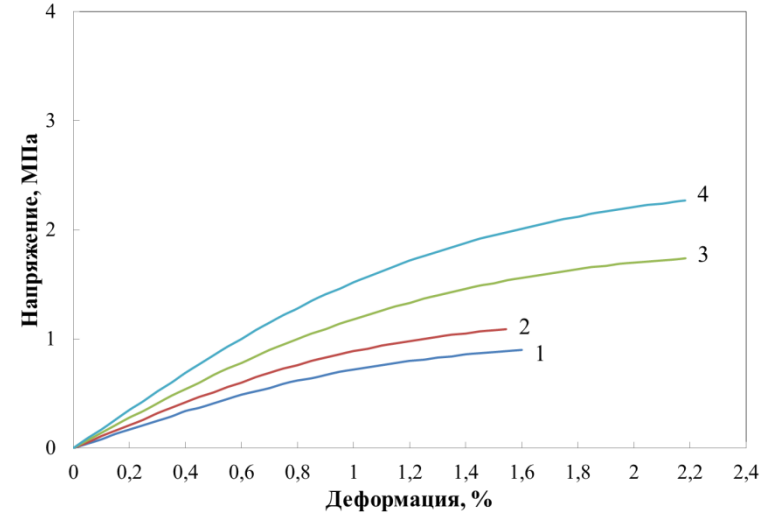
а



в



б



г

Образцы из отходов лиственной целлюлозы

Образцы из отходов хвойной целлюлозы

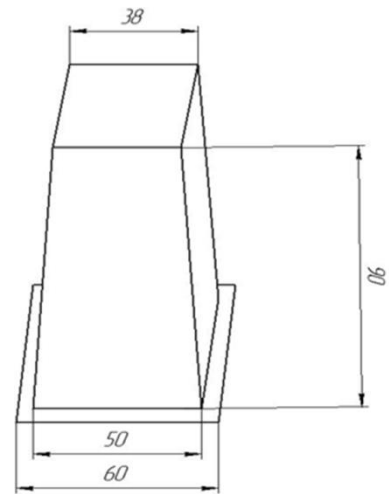
Масса 1 м² (а,в - 400 г, б,г - 700 г), степень помола, °ШР : 1 - 14; 2 - 16; 3 - 18; 4 - 20

Способ переработки отходов сортирования сульфатной целлюлозы в формованные изделия

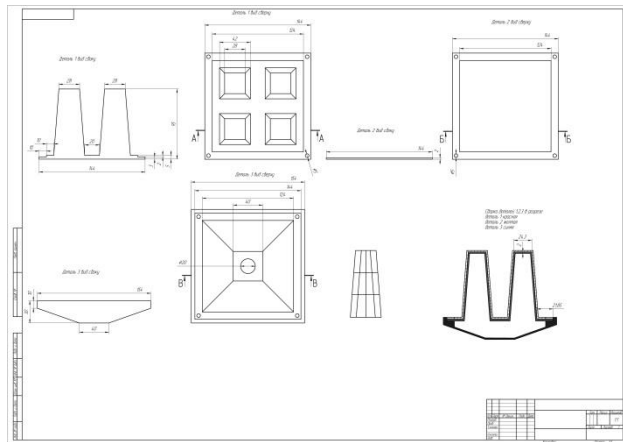


Моделирование и оценка свойств объемных формованных изделий

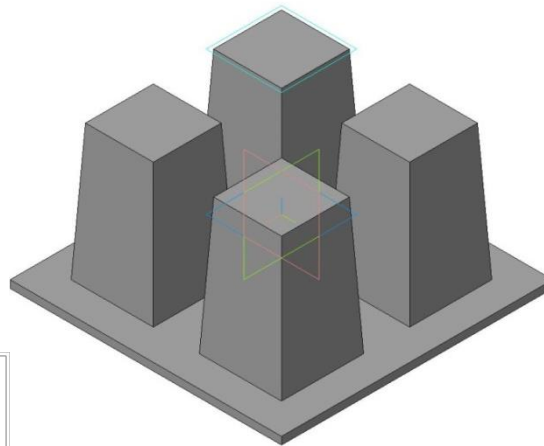
Образцы для исследования – ячейка для выращивания и посадки саженцев лесных культур с закрытой корневой системой. Для получения опытных образцов формованных ячеек заданной геометрической формы было выполнено проектирование, компьютерное моделирование и изготовление лабораторной пресс-формы.



Геометрические размеры лабораторных образцов



Чертеж сборки лабораторной пресс-формы



3-d визуализация формующей оснастки лабораторной пресс-формы



Лабораторная пресс-форма

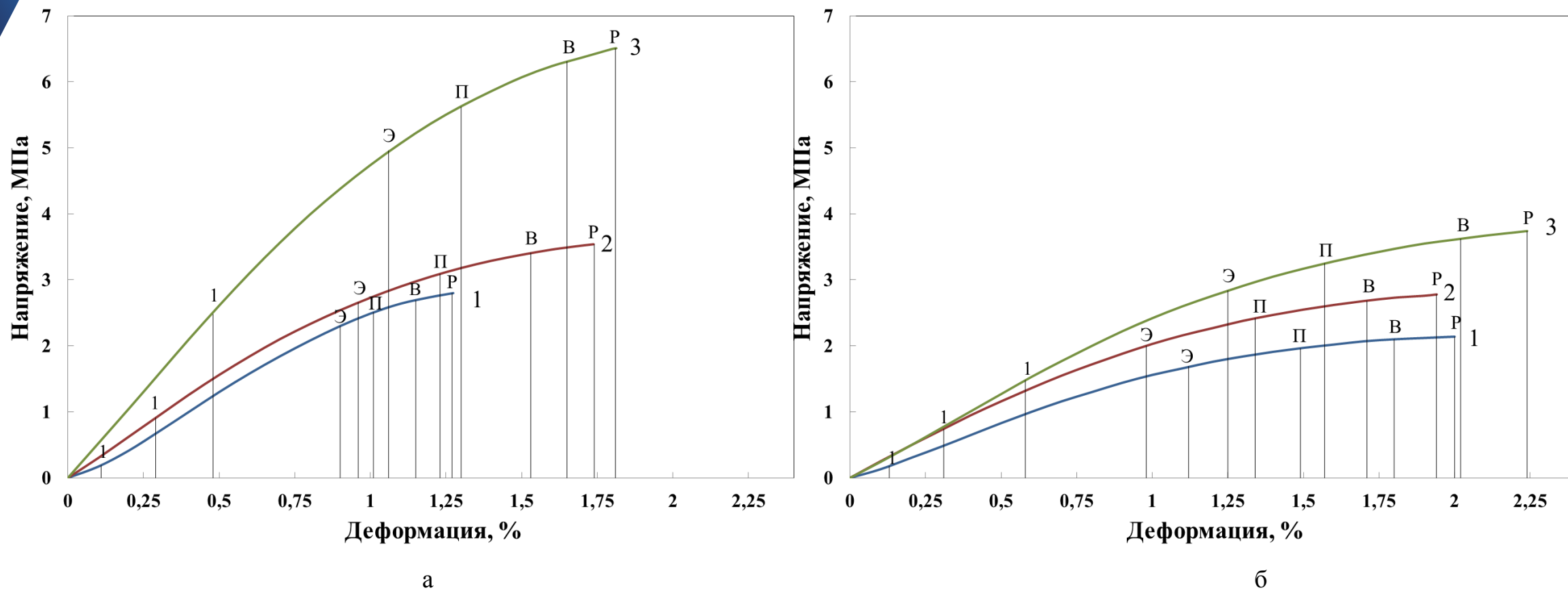


Внешний вид лабораторных образцов

Упруго-пластические и прочностные свойства *при растяжении, сжатии и изгибе* материала стенок формованных ячеек

Степень помола, °ШР	Характеристики								
	время размола, мин	F , Н	E_t , МПа	S_t , кН/м	σ_p , МПа	ε_p , %	TEA , Дж/м ²	ECT , кН/м	S_b , Н/см ²
Изделия из отходов сортирования лиственной сульфатной небеленой целлюлозы									
16	8	75	300	470	2,80	1,27	34,3	0,90	6,2
18	10	85	325	525	3,54	1,74	60,1	1,08	6,8
20	12	130	530	700	6,51	1,81	91,9	1,38	7,3
Изделия из отходов сортирования хвойной сульфатной небеленой целлюлозы									
16	10	70	180	410	2,14	2,00	59,3	0,90	5,9
18	14	80	245	475	2,78	1,94	64,0	1,18	6,4
20	18	110	260	520	3,74	2,24	100,2	1,26	7,6

Зависимости «напряжение-деформация», полученные при одноосном статическом растяжении материала стенок формованных ячеек



Образцы из отходов сортирования лиственней (а) и хвойной (б) сульфатной небеленой целлюлозы при степени помола, °ШР: 1 – 16; 2 – 18; 3 – 20

Характерные точки зависимости « σ - ϵ »: 1 – предел упругости ; Э – эффективная точка ; П – точка начала пластических деформаций ; В – точка начала дополнительной вытяжки ; Р – точка разрушения образца

Упруго-пластические и прочностные свойства *при сжатии* лабораторных образцов формованных ячеек

Степень помола, °ШР	Характеристики					
	время размола, мин	F , Н	E_r , МПа	σ_p , МПа	ε_p , %	TEA , Дж/м ²
Изделия из отходов сортирования лиственной сульфатной небеленой целлюлозы						
16	8	110	5,67	0,28	8,2	1070
18	10	170	7,52	0,47	9,5	1980
20	12	235	10,15	0,81	11,7	4130
Изделия из отходов сортирования хвойной сульфатной небеленой целлюлозы						
16	10	140	4,74	0,23	11,1	1680
18	14	155	4,17	0,36	12,5	2000
20	18	160	4,41	0,37	12,0	2160

Процесс разрушения образцов формованных ячеек при одноосном статическом сжатии



1

2

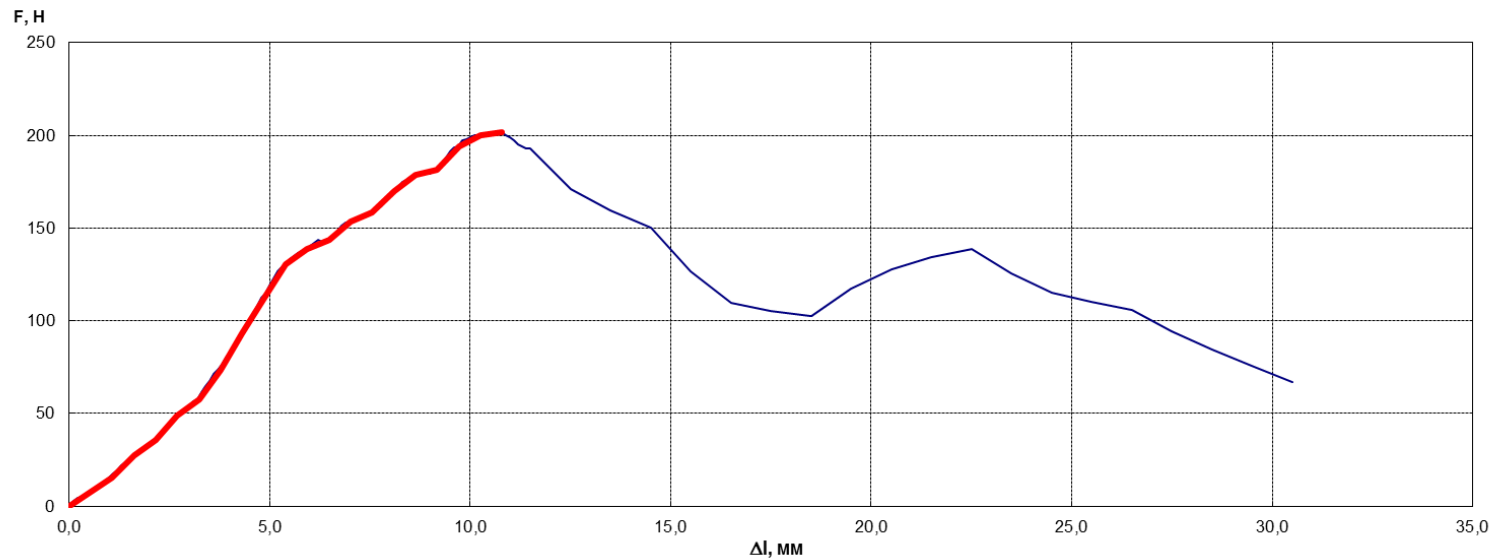
3

4

5

6

7

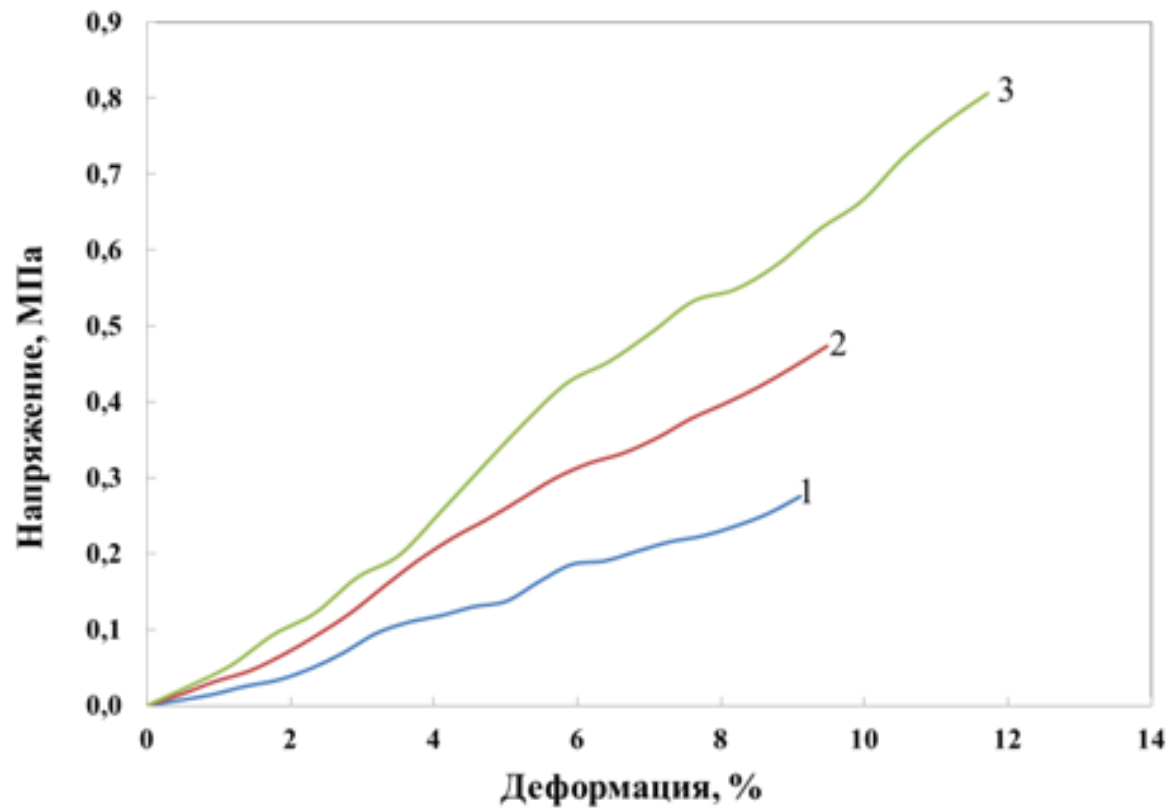


Пример зависимости « $F-\Delta l$ » при сжатии формованных изделий

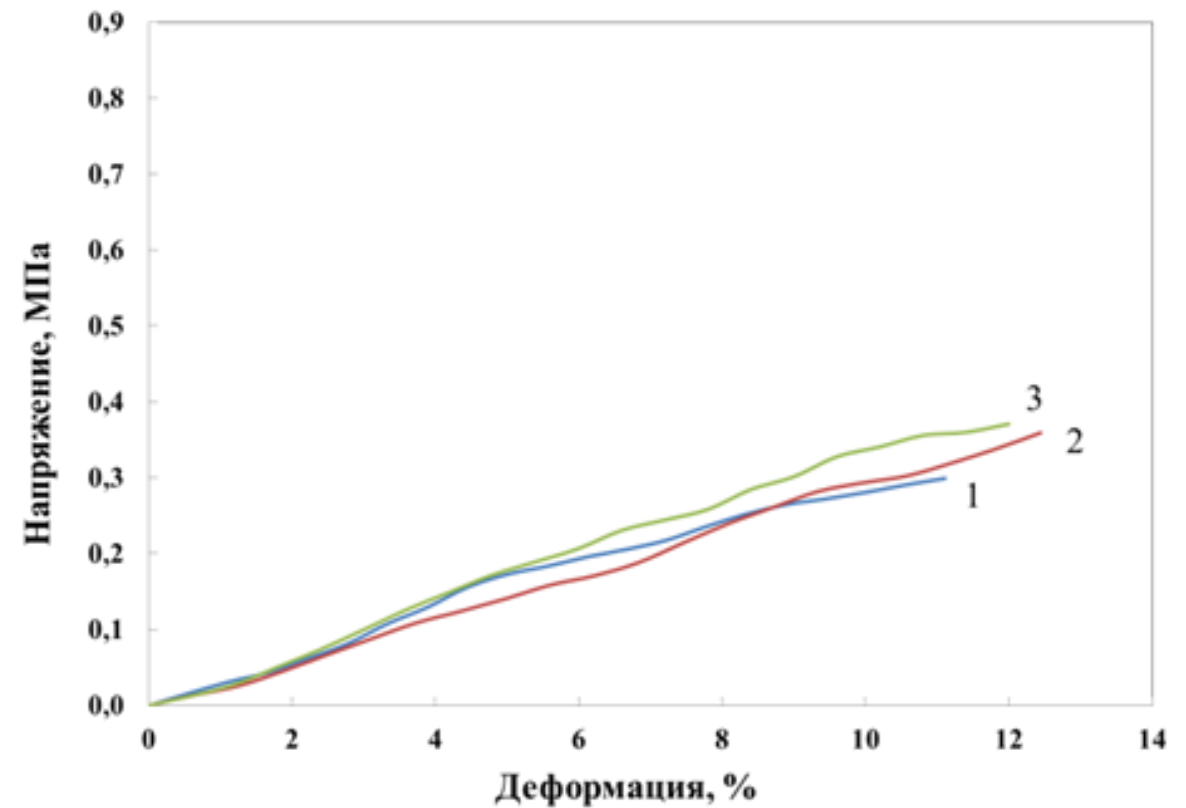
На первой стадии представленной фотографиями 1, 2 и 3 происходит вдавливание плоскости (дна) образца в корпус формованного изделия и постепенное перераспределение нагрузки на его стенки.

Дальнейшее разрушение образцов происходит в верхней части испытуемого изделия, имеющего минимальную площадь сечения. При этом наблюдается деформация стенок в форме гармошки (фотографии 4, 5, 6), вплоть до полной потери устойчивости образца и окончательного его смятия, а также разрушения на отдельных участках структуры (фотография 7).

Зависимости «напряжение-деформация», полученные при одноосном статическом сжатии образцов формованных ячеек



а



б

Образцы из отходов сортирования лиственной (а) и хвойной (б) сульфатной небеленой целлюлозы при степени помола, °ШР: 1 – 16; 2 – 18; 3 – 20

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе анализа структурно-размерных характеристик волокон, деформационно-прочностных свойств промышленных и лабораторных образцов формованных изделий разработан способ их получения из отходов, образующихся при грубом сортировании небеленой целлюлозы.

2. Выявлены существенные отличия структурно-размерных характеристик волокон, выделяемых из отходов грубого сортирования небеленой целлюлозы, по сравнению с отсортированными волокнами. Средняя длина волокон в сырье из сучковой массы составляет 0,75...1,20 мм, число изломов (в среднем на 1 волокно) 0,15...0,4, доля волокон в фракциях по длине от 0,2 до 1,25 мм достигает 78 % для хвойной целлюлозы и 98 % для лиственной.

3. Определены технологические условия и параметры моделирования лабораторных формованных изделий, сопоставимых по совокупности структурно-размерных свойств, упруго-пластических и прочностных характеристик с промышленными образцами.

4. Обосновано использование для оценки деформационно-прочностных характеристик формованных изделий методов испытаний при растяжении, сжатии и изгибе, стандартизованных для целлюлозы, бумаги и картона. Применительно к конкретному изделию – ячейке для выращивания и посадки саженцев лесных культур, установлен уровень упруго-пластических и прочностных свойств структуры образцов формованных изделий из отходов сортирования сульфатной целлюлозы.

5. Установлена линейная зависимость, между деформационно-прочностными показателями формованных изделий и аналогичными показателями материала их стенок, что позволяет анализировать и регулировать упруго-пластические свойства, не прибегая к испытаниям объемных изделий.

6. Прогнозируемый экономический эффект при переработке отходов грубого сортирования целлюлозы в формованные изделия на действующем предприятии за счет снижения себестоимости продукции по сравнению с использованием макулатуры составит более 22 млн. руб. в год.

Спасибо за внимание !

Научная новизна и практическая ценность

Научная новизна.

Установлены специфические структурно-морфологические характеристики лиственных и хвойных волокон из сучковой массы, несвойственные традиционным волокнистым полуфабрикатам, но позволяющие при минимальном рафинировании формировать объемные структуры с толщиной до 3,5 мм и регулируемые деформационно-прочностными свойствами. Средняя длина волокон в сырье из отходов грубого сортирования целлюлозы составляет 0,75...1,20 мм, число изломов на волокно 0,15...0,4, доля волокон в фракциях по длине от 0,2 до 1,25 мм достигает 78 % для хвойной массы и 98 % для лиственной.

Получены новые данные о диапазонах изменения деформационно-прочностных характеристик при растяжении, сжатии и изгибе структуры формованных изделий из отходов грубого сортирования лиственной и хвойной сульфатной небелёной целлюлозы в зависимости от степени разработки волокон и массы 1 м² материала.

Практическая ценность.

Предложен способ использования волокон, содержащихся в отходах грубого сортирования небеленой целлюлозы, в качестве сырья для получения формованных упаковочных средств и изделий. Установлено, что для оценки деформационно-прочностных характеристик формованных изделий из целлюлозных волокон достаточно использовать методы испытаний при растяжении, сжатии и изгибе, стандартизованные для традиционных целлюлозно-бумажных материалов.

Возможность использования отходов грубого сортирования лиственной и хвойной сульфатной небелёной целлюлозы, образующихся на производстве целлюлозы АО «Архангельский ЦБК», как сырья для изготовления формованных изделий, подтверждена соответствующим актом. Получен патент на изобретение № 26364235 «Способ переработки отходов сортирования сульфатной целлюлозы в формованные изделия».