

УДК 661.7:691.1

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКОВЫХ И ЛЬНЯНЫХ ВОЛОКОН

© *И.В. Сусоева**, *Т.Н. Вахнина*, *А.В. Свиридов*

*Костромской государственный университет, ул. Дзержинского, 17,
Кострома, 156005 (Россия), e-mail: i.susoeva@yandex.ru*

Рассмотрены свойства безвозвратных отходов производства текстильных хлопковых и льняных волокон, которые можно использовать для производства композиционных материалов. Определено содержание целлюлозы, лигнина, пентозанов и фурфурола в волокнах и их отходах. Выполнена ИК-спектроскопия волокон и безвозвратных отходов их производства. Рассмотрена возможность использования безвозвратных отходов прядения текстильных волокон для дальнейшей переработки в мягкие композиционные плитные материалы, определены физико-механические показатели композиционных плит. Для уменьшения количества жировосковых веществ на поверхности пылевидных отходов льна и хлопка использован метод модификации растительного материала однопроцентным раствором серной кислоты, это позволило улучшить физико-механические показатели композиционных плит.

Достоверность результатов работы обеспечивается использованием классических методик определения химического состава растительных материалов, дублированием и статистической обработкой результатов исследования, использованием спектроскопического метода исследования.

Ключевые слова: отходы, хлопок, лен, целлюлоза, лигнин, степень полимеризации, ИК-спектр, переработка, композит.

Введение

Основными достоинствами растительного сырья являются экологичность, ежегодная воспроизводимость и относительно невысокая стоимость. К преимуществам растительного сырья можно также отнести высокую прочность и хорошую совместимость с большим количеством природных и синтетических веществ. Растительное сырье является источником ряда ценных продуктов природного происхождения, в том числе целлюлозы, лигнина и других компонентов. Эти свойства растительного сырья служат причиной расширения области исследования направлений его применения, как с использованием способов химической переработки [1–13], так и путем включения в качестве наполнителей в различные композиционные материалы [14, 15], модификаторов в производстве строительных материалов [16]. Обусловлено это, по мнению S. Kamei, в числе прочих факторов, и тем, что в настоящее время увеличивается спрос на экологически безопасные композиционные материалы [14].

В настоящее время не все отходы переработки растительного сырья, в частности производства хлопковых и льняных текстильных волокон, находят применение, основная часть их сжигается или вывозится на свалки. На прядильных предприятиях Костромы технологические операции процесса прядения льна и хлопка сопровождаются образованием значительного количества пылевидных отходов (применительно

Сусоева Ирина Вячеславовна – доцент кафедры техносферной безопасности, e-mail: i.susoeva@yandex.ru
Вахнина Татьяна Николаевна – доцент кафедры лесного хозяйства и деревообработки, кандидат технических наук, e-mail: t_vachnina@mail.ru
Свиридов Александр Васильевич – кандидат химических наук, доцент кафедры химии, e-mail: avsviridov09@mail.ru

к типовой прядильной фабрике составляет 150 кг в сутки), утилизируемых вывозом на свалку [17].

Выбор направления использования как растительного сырья, так и его отходов практически во всем определяется химическим составом и строением материала. Для изготовления плит типа древесноволокнистых (ДВП) материал должен

* Автор, с которым следует вести переписку.

иметь волокнистое строение, причем необходимо, чтобы сырье содержало много целлюлозы, а в целлюлозно-бумажном производстве – обладало хорошими бумагообразующими свойствами.

С учетом того, что хлопок имеет самый высокий из растительных волокон процент целлюлозы [1], а лен по содержанию целлюлозы занимает промежуточное положение между хлопком и древесиной [18], техническая целлюлоза может быть получена и из отходов текстильной промышленности, в том числе из невозвратных отходов хлопко- и льнопрядильных производств.

Выход и степень чистоты целлюлозы зависят от вида растительного сырья, применяемой химико-механической или химической обработки [3, 4, 19], степени зрелости сырья. По данным профессора Хiao-Ping Hu, существует значительное различие в содержании целлюлозы состава зрелых (96,41%) и незрелых (92,44%) волокон хлопка [20]. По мнению Han, James S. и Rowell Jeffrey, выход целлюлозы из хлопка зависит от большого числа факторов: части растения, географического местоположения, возраста, климата, почвенных условий [21].

Поскольку в число требований к технической целлюлозе входит высокая степень чистоты, а невозвратные отходы хлопко- и льнопрядильных производств собирают с оборудования, стен и пола технологических помещений, необходимо оценить количество содержащихся в растительном материале минеральных веществ.

Невозвратные отходы прядильных производств имеют пылевидную структуру вследствие многократных механических воздействий на разных стадиях технологического процесса. Экспериментальные исследования А.Л. Бычкова и О.И. Ломовского (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН) свидетельствуют, что длительные механические воздействия приводят к существенному (с 64 до 31%) снижению степени кристалличности целлюлозы однолетников, в частности – соломы кукурузы [22]. Поскольку механические воздействия существенно меняют структуру растительного материала [1, 23], необходимо исследовать показатели исходного сырья и невозвратных отходов льно- и хлопкопрядильного производств.

Для использования растительных отходов в гидролизных производствах сырье должно давать высокий выход сахаров при кислотном гидролизе, в производстве этанола и углекислоты – необходим высокий выход из них таких сбраживаемых моносахаридов, как гексозы, а для получения фурфурола необходимо значительное содержание пентозанов. Необходимо оценить количество водорастворимых веществ и пентозанов в невозвратных отходах хлопко- и льнопрядильных производств.

Перспективным направлением переработки невозвратных растительных отходов является использование их в качестве наполнителя композиционных материалов [17].

В настоящее время информация о химическом составе невозвратных отходов хлопко- и льнопрядильных производств отсутствует. Целью данной работы являлось обоснование способов утилизации невозвратных отходов хлопка и льна путем анализа химического состава текстильных волокон и отходов прядильного производства.

Экспериментальная часть

Объектами исследования были образцы льняного и хлопкового сырья для прядения (рис. 1а, 1г) и безвозвратные отходы данных производств (рис. 1б, д). В пылевидных отходах льнопрядильного производства содержится значительное количество костры (рис. 1в), в отходах хлопкопрядильного производства – остатки стеблей и коробочек (рис. 1е). Образцы растительных материалов отбирались на льно- и хлопкопрядильном предприятиях в случайном порядке в течение четырех месяцев. Для определения химического состава хлопковые и льняные волокна были предварительно измельчены ножницами и подготовлены средние пробы. В каждой точке экспериментальной области результаты определялись по данным четырех параллельных измерений.

Определение содержания целлюлозы. Содержание целлюлозы в растительном сырье и отходах определяли азотно-спиртовым методом (Кюршнера и Хоффера) [19]. Сырье обрабатывали при нагревании азотно-спиртовой смесью, состоящей из одного объема концентрированной азотной кислоты и четырех объемов 95%-ного этанола. После отфильтровывания и промывки целлюлозу высушивали при температуре $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ до постоянной массы, взвешивали, и после этого определяли массовую долю «сырой» целлюлозы.



Рис. 1. Внешний вид материалов: а – льняное волокно; б – невозвратные отходы прядения льна; в – костра; г – хлопковое волокно; д – невозвратные отходы прядения хлопка; е – отходы очистки хлопка (измельченные стебли и коробочки)

Определение степени полимеризации целлюлозы. Степень полимеризации целлюлозы определяли косвенным вискозиметрическим методом. Для определения показателя использовали измерение характеристической вязкости раствора целлюлозы, выделенной из образцов растительных материалов в медно-аммиачном реактиве на капиллярном вискозиметре ВПЖ-2 согласно методике [19], соответствующей нормативной (ГОСТ 14363.2-83). Растворение образцов целлюлозы контролировали визуально в проходящем свете. По отношению времени истечения раствора целлюлозы и растворителя определяли удельную вязкость, затем рассчитывали характеристическую вязкость, и по отношению к вязкостно-молекулярной константе определяли среднюю степень полимеризации.

Определение содержания лигнина. Содержание лигнина в образцах материалов определяли стандартным сернокислым методом (в модификации с фосфорной кислотой) [19], (ГОСТ 11960–79). Навеску сырья обрабатывали смесью серной и ортофосфорной кислоты, выдерживали в термостате при перемешивании, затем добавляли дистиллированную воду, нагревали до кипения и кипятили. После этого оставляли для охлаждения и отстаивания, затем фильтровали раствор с осадком лигнина, промывали раствором хлористого натрия до полного удаления следов кислоты, фильтры с лигнином высушивали до постоянной массы.

Определение содержания экстрактивных веществ, экстрагируемых водой. Содержание водорастворимых веществ в образцах определялось по методике [19]. Сырье заливали горячей водой, выдерживали на кипящей водяной бане 3 ч, затем переносили содержимое на стеклянный пористый фильтр, высушивали материал в сушильном шкафу. Количество экстрактивных водорастворимых веществ определяли весовым способом по изменению массы материала.

Определение содержания пентозанов и фурфурола выполнялось бромид-броматным методом через определение фурфурола [19], аналогично методике ГОСТ 10820–75. Целлюлоза. Метод определения массовой доли пентозанов. Навеску материала кипятили в разбавленной соляной кислоте, отгоняли дистиллят, смешивали с соляной кислотой и добавляли бромид-бромат. Количество фурфурола определяли титрованием раствором йодистого калия. Полученное значение фурфурола пересчитывали на количество пентозанов.

Определение зольности образцов растительных материалов выполняли методом прокаливания [19] в муфельной печи при температуре 575 ± 25 °С до полного удаления всего углерода. Затем помещали сырье в эксикатор, охлаждали и определяли содержание золы весовым методом.

Влажность образцов материалов определялась весовым методом [19], лежащим в основе стандартных методик по ГОСТ 25133–82 (Волокна лубяные. Метод определения влажности), ГОСТ Р 53233–2008 (Волокно хлопковое. Методы определения влажности). Определяли массу пробы материала исходной влажности и после сушки до абсолютно сухого состояния. Влажность рассчитывали по относительному изменению массы пробы.

Результаты эксперимента. Результаты экспериментального определения показателей растительного сырья представлены в таблицах 1, 2. Влажность образцов: хлопкового волокна – $(3,2 \pm 0,5)\%$; пылевидных отходов хлопка – $(5,5 \pm 0,7)\%$; измельченных стеблей и коробочек хлопка – $(4,5 \pm 0,6)\%$; льняного волокна – $(5,1 \pm 0,6)\%$; пылевидных отходов льна – $(7,0 \pm 0,5)\%$; костры – $(7,4 \pm 0,6)\%$.

Из растительных материалов были изготовлены образцы композитов по технологии древесноволокнистых плит мокрого способа производства. В качестве связующего использовалась фенолоформальдегидная смола, сушка плит проводилась при температуре 80 °С. Физико-механические показатели композиционных плит представлены в таблице 3. Контрольные образцы были изготовлены из пылевидных отходов, модифицированных однопроцентным раствором серной кислоты при температуре 60 °С в течение 6 ч. Це-

лью мягкого гидролитического воздействия было удаление жировосковых веществ, однако следует заметить, что при данной обработке начинается первая стадия гидролиза – получение гидроцеллюлозы. В результате значительно снижается разбухание композиционных плит по толщине, что может быть следствием частичного удаления аморфной части продуктов начального гидролиза.

Таблица 1. Содержание целлюлозы и лигнина в образцах

Растительное сырье	Показатели целлюлозы		Содержание лигнина, %
	содержание, %	степень полимеризации	
Хлопковое волокно (среднее арифметическое)	93,20	2600	0,10
Образец 1	92,83	2900	0,09
Образец 2	93,25	2720	0,09
Образец 3	92,50	2520	0,08
Образец 4	94,25	2260	0,12
Льняное волокно (среднее арифметическое)	84,79	4700	2,58
Образец 1	84,76	4680	2,62
Образец 2	82,58	4740	2,43
Образец 3	85,65	4400	2,52
Образец 4	86,15	4980	2,75
Пылевидные отходы хлопка (среднее арифметическое)	43,96	310	22,69
Образец 1	43,56	330	22,81
Образец 2	42,89	250	21,56
Образец 3	44,53	390	20,38
Образец 4	44,86	270	22,91
Пылевидные отходы льна (среднее арифметическое)	53,97	970	24,93
Образец 1	53,64	860	24,36
Образец 2	54,72	970	25,33
Образец 3	55,29	1060	25,41
Образец 4	52,25	990	25,97
Коробочки, стебель (среднее арифметическое)	36,46	1130	27,23
Образец 1	36,38	1160	27,36
Образец 2	37,21	1180	28,41
Образец 3	36,68	1080	27,73
Образец 4	35,57	1100	25,39
Костра (среднее арифметическое результатов)	50,80	2290	29,72
Образец 1	52,46	2220	30,14
Образец 2	51,28	2280	29,91
Образец 3	49,81	2340	28,67
Образец 4	49,64	2320	30,11

Таблица 2. Экстрактивные и минеральные вещества образцов, %

Растительное сырье	Водорастворимые вещества*	Пентозаны / фурфурол	Зольность
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Хлопковое волокно (среднее арифметическое)	1,60	1,12/0,62	1,30
Образец 1	1,61	1,12/0,62	1,28
Образец 2	1,62	1,13/0,63	1,32
Образец 3	1,58	1,12/0,62	1,31
Образец 4	1,60	1,11/0,61	1,27
Льняное волокно (среднее арифметическое)	4,05	5,85/3,25	0,50
Образец 1	4,06	5,85/3,25	0,48
Образец 2	4,04	5,84/3,24	0,53
Образец 3	4,03	5,86/3,25	0,49
Образец 4	4,06	5,85/3,26	0,51
Пылевидные отходы хлопка (среднее арифметическое)	0,01	0,73/0,40	17,02
Образец 1	0,01	0,74/0,41	15,89
Образец 2	0,01	0,72/0,40	16,67
Образец 3	0,01	0,73/0,41	16,78
Образец 4	0,01	0,71/0,39	18,73
Пылевидные отходы льна (среднее арифметическое)	0,02	2,07/1,15	5,18
Образец 1	0,01	2,05/1,14	5,17

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
Образец 2	0,02	2,05/1,14	5,18
Образец 3	0,03	2,07/1,15	5,18
Образец 4	0,02	2,08/1,16	5,19
Коробочки, стебель (среднее арифметическое)	0,80	7,08/3,77	17,90
Образец 1	0,79	7,07/3,93	16,59
Образец 2	0,66	7,09/3,94	15,44
Образец 3	0,81	7,08/3,63	19,63
Образец 4	0,92	7,07/3,56	19,94
Костра (среднее арифметическое)	0,20	15,49/8,61	1,50
Образец 1	0,22	15,45/8,59	1,49
Образец 2	0,19	15,50/8,61	1,51
Образец 3	0,16	15,49/8,60	1,50
Образец 4	0,21	15,51/8,62	1,49

* Растворимые в горячей воде.

Таблица 3. Физико-механические показатели композитов из хлопка и льна

Материал композитов	Предел прочности при изгибе $\sigma_{из}$, МПа	Разбухание по толщине P_h , %	Водопоглощение $W_{вд}$, %	Плотность ρ , кг/м ³
Хлопковое волокно	0,08	8,75	309	186
Льняное волокно	0,10	8,42	256	206
Пылевидные отходы хлопка	0,20	8,36	244	344
Пылевидные отходы льна	0,31	7,54	179	347
Коробочки, стебель	0,26	12,85	175	579
Костра	0,41	9,59	116	469
Контрольные с модификацией, из отходов хлопка/ льна	0,50/0,56	3,65/3,23	200/120	326/327

ИК-спектры образцов материалов снимали на установке синхронного термического анализа NETZSCH STA 449 F3 Jupiter, совмещенной с приставкой ИК-Фурье. На рисунках 2, 3 приведены результаты спектроскопического анализа для хлопкового волокна и пылевидных отходов прядильного производства, частоты пропускания (поглощения) представлены в таблицах 4–6. Вид спектра (пропускание или поглощение) задается прибором автоматически (по компенсации атмосферного воздействия).

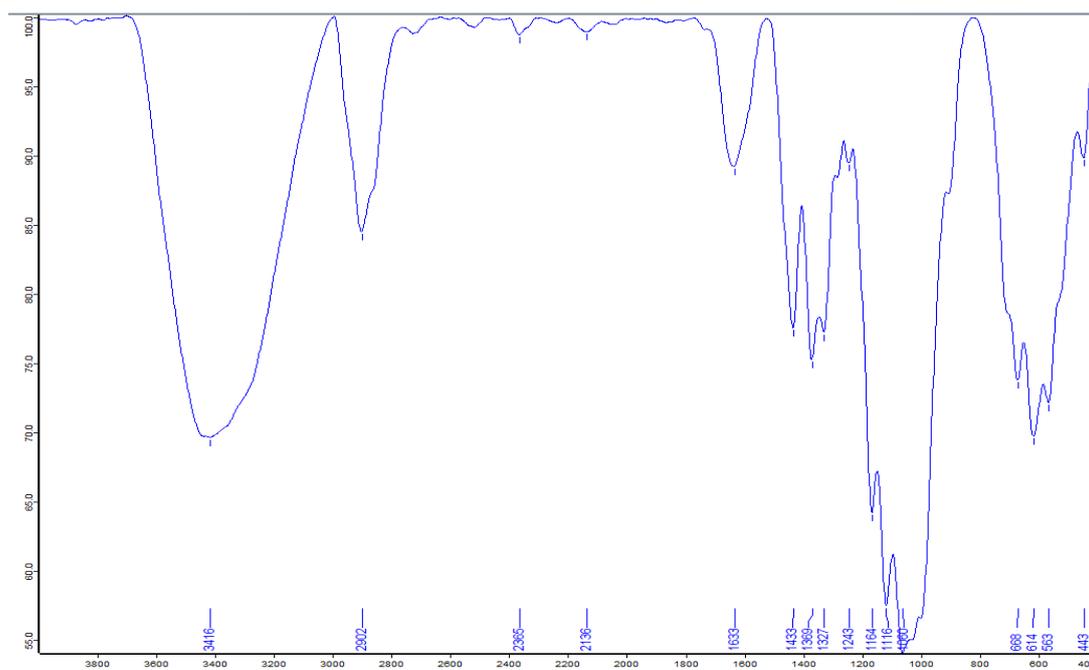


Рис. 2. ИК-спектр хлопкового волокна

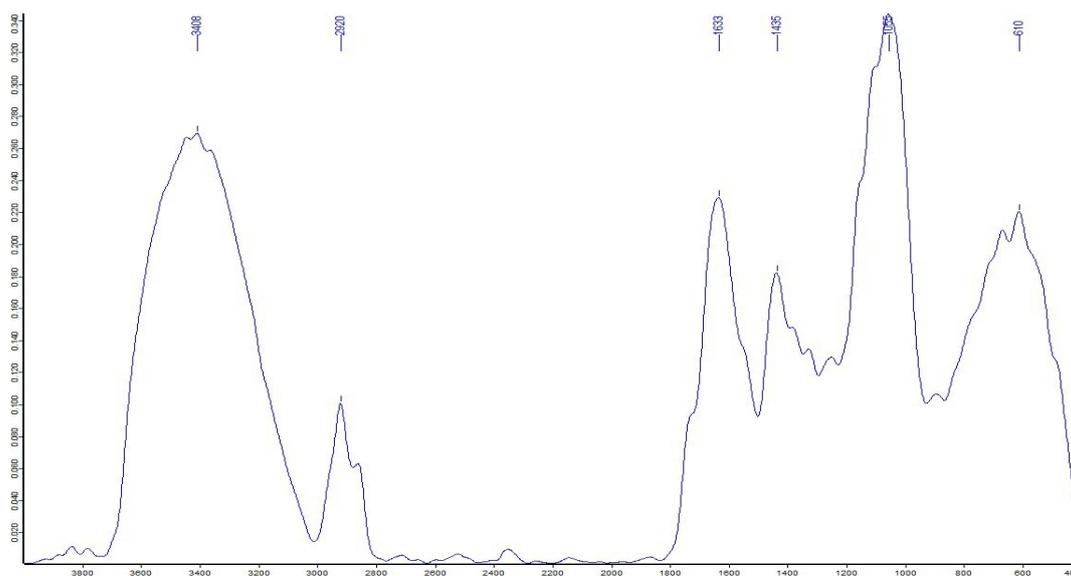


Рис. 3. ИК-спектр пылевидных отходов хлопка

Таблица 4. Полосы поглощения волокна хлопка

Положение полосы, см ⁻¹	Интенсивность поглощения, %	Отнесение полос поглощения*
3416	70,0	ВК ОН-групп, участвующих в межмолекулярных и внутримолекулярных Н-связях
2902	84,8	
2365	99,0	ВК связей в группах -CH ₂ -
2136	99,5	ВК связей в группах -С-Н- и -СН ₂ -
1633	89,0	ВК связей в группах -С-Н- и -СН ₂ -
1433	77,2	ДК связей в молекулах Н-О-Н, обусловленные присутствием прочно связанной воды
1369	75,3	ДК групп -СН ₂ -
1327	77,0	ДК связей -О-Н в -СН ₂ ОН
1243	90,8	ДК связей -О-Н в -СН ₂ ОН
1164	64,0	ДК групп -СН ₂ - в СН ₂ ОН
1116	57,0	ВК связей С=О
1060	54,0	ВК связей С=О
608	75,0	ВК связей С=О
614	70,0	ДК связей С-Н
563	72,5	ДК связей С-Н
443	88,0	ДК связей С-Н
		С=О или сопряженные с бензольным кольцом -СН=СН-**

* Условные обозначения: ВК – валентные колебания, ДК – деформационные колебания.

** По данным E.J. Jones [23].

Таблица 5. Полосы пропускания пылевидных отходов хлопка

Положение полосы, см ⁻¹	Интенсивность пропускания, %	Отнесение полос пропускания*
3408	0,27	ВК ОН-групп, участвующих в межмолекулярных и внутримолекулярных Н-связях
2920	0,12	
1633	0,23	ВК связей в группах -СН ₂ -
1435	0,185	ДК связей в молекулах Н-О-Н, обусловленные присутствием прочно связанной воды
1055	0,34	ДК групп -СН ₂
610	0,22	ВК связей С-О
		ДК связей С-Н

Таблица 6. Полосы пропускания стеблей и коробочек хлопка

Положение полосы, см ⁻¹	Интенсивность поглощения, %	Отнесение полос поглощения
3861	99	ВК свободных ОН-групп
3437	85	ВК ОН-групп, участвующих в межмолекулярных и внутримолекулярных Н-связях
2925	92,3	ВК связей в группах -CH ₂ -
2858	96,1	ВК связей в группах СН и СН ₂
2368	99,5	ВК связей в группах СН и СН ₂
1632	76	ДК связей в молекулах Н-О-Н, обусловленные присутствием прочно связанной воды
1438	85,8	ДК групп СН ₂
1259	90,5	ДК групп СН ₂ в СН ₂ ОН
1084	76	ВК связей С-О
894	100	ДК групп СН ₂ ***
667	84,8	ДК связей С-Н
607	82,0	ДК связей С-Н

*** Отнесение, по мнению проф. В.И. Азарова [1], неоднозначное – или ДК групп СН₂, или ДК связей С-Н.

Обсуждение результатов

Образцы хлопковых и льняных волокон имеют высокое значение содержания целлюлозы, близкое к стандартному значению показателя (ГОСТ 595–79. Целлюлоза хлопковая). Содержание целлюлозы в пылевидных отходах уменьшается в сравнении с данным показателем для волокна, что обусловлено, очевидно, технологическими воздействиями в процессе обработки и транспортировки материала. Содержание целлюлозы существенно снижается в процессе технологической обработки хлопкового и льняного сырья, при этом значительно уменьшается и степень полимеризации целлюлозы для пылевидных отходов.

Если общее снижение содержания целлюлозы носит, в том числе, и относительный характер вследствие загрязнения пылевидных отходов, то уменьшение степени полимеризации целлюлозы может объясняться механической деструкцией растительных клеток. В сухом виде кристаллические области целлюлозы хлопкового (как и льняного) волокна находятся в стеклообразном состоянии, все гидроксильные группы связаны водородными связями (отсутствует пик около 3650 см⁻¹). Деструкция кристаллических областей возможна только с приобретением сегментальной подвижности при пластифицировании и/или нагревании. Однако в процессах прядения волокон отсутствуют термические и влажностные воздействия, поэтому возникает предположение, что уменьшение степени полимеризации целлюлозы для отходов прядения хлопка и льна обусловлено деструкцией аморфных участков.

Структура аморфных областей целлюлозы изучена не столь хорошо, как кристаллические области. Исследования А.В. Бурова и А.В. Оболенской объясняют изменения структуры целлюлозы при механических воздействиях: «Аморфизация при сухом размоле сопровождается механической деструкцией целлюлозы со значительным снижением ее степени полимеризации» [1].

Увеличение доли минеральных веществ и снижение содержания целлюлозы служит препятствием для использования пылевидных отходов в производстве технической целлюлозы.

Количество лигнина в хлопковом и льняном волокне, а также в измельченных стеблях и коробочках хлопка, в костре соотносится с результатами определения химического состава волокон и стеблей травянистых растений [4, 24–26]. Высокое содержание лигнина в пылевидных невозвратных отходах прядения льняных и хлопковых волокон обусловлено значительным содержанием в них измельченных отходов стеблей и коробочек (для хлопка), костры (для льна).

Содержание лигнина в растительных образцах хорошо согласуется с содержанием пентозанов, что характерно для однолетников [25].

Максимальное количество пентозанов (15,5%) в отходах производства хлопкового и льняного волокна, позволяющее использовать их в качестве сырья для получения фурфурола, характерно для костры. Данное количество пентозансодержащего полисахарида сопоставимо с его количеством в древесине осины. Практический выход фурфурола из пентозан находится для образцов растительного сырья в интервале 53-57%, снижение выхода в сравнении с теоретически возможным обусловлено реакциями в присутствии кислоты, приводящими к образованию из фурфурола ряда низко- и высокомолекулярных продуктов. Ввиду

невысокого количества отходов прядильных производств использование их для производства фурфурола возможно в качестве добавки к основному сырью.

Полоса поглощения хлопкового волокна – 3416 см^{-1} с интенсивностью 70% в спектре отходов переходит в 3408 см^{-1} , причем интенсивность изменяется, что свидетельствует об изменении межмолекулярных и/или внутримолекулярных Н-связей в макромолекулах целлюлозы.

Характеристическая полоса сильной интенсивности пропускания в ИК-спектрах отходов хлопка в области 2920 см^{-1} (2925 см^{-1} для стеблей и коробочек хлопка) подтверждает наличие лигнина в материале. Смещение пика в область 2902 см^{-1} в спектре хлопкового волокна обусловлено наложением полос поглощения лигнина и целлюлозы в данной области. Полоса 2900 см^{-1} является внутренним стандартом для целлюлозосодержащих образцов, относительная интегральная интенсивность в области данных пиков свидетельствует о разной прочности водородных связей в целлюлозе исследуемых образцов растительных материалов.

Полоса поглощения 1166 см^{-1} в спектре хлопкового волокна характерна для образца, содержащего лигнин [27].

Большое количество частот, характерных для хлопкового волокна, отсутствует в спектре пылевидных отходов. ИК-спектры хлопка и отходов имеют значительные несовпадения в «области отпечатков пальцев» ($1500\text{-}500\text{ см}^{-1}$). Это подтверждает различия в химическом составе волокна и отходов его производства. Такие же закономерности характерны для льна и отходов льнопрядильного производства.

Для показателей композитов, изготовленных из различных растительных материалов, характерно совместное влияние доли лигнина и минеральных веществ (для отходов). Большой доле лигнина соответствует большее количество гидроксильных фенилпропановых единиц лигнина, что способствует образованию сетчатых связей в процессе структурообразования композита. Негативное влияние на показатели плит оказывают минеральные вещества, количество которых обусловлено загрязнением материала в процессе сбора и транспортировки отходов прядения.

Показатели плит изменяются при модификации пылевидного сырья и других технологических воздействиях.

Низкая плотность плитного материала вкупе с прочностью, соответствующей данному показателю для мягких теплоизоляционных древесноволокнистых плит мокрого способа производства, позволяет прогнозировать возможность использования композиционного материала из невозвратных отходов прядения льна и хлопка в качестве теплоизоляционного элемента конструкций строительного назначения.

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о значительных различиях в структуре и химическом составе волокон льна, хлопка и отходов их прядения. Увеличение доли минеральных веществ в материалах отходов вызвано засоренностью, а относительное снижение доли целлюлозы и степени ее полимеризации – механическим воздействием на материал на стадиях технологического процесса прядения волокна. Как отмечалось выше, работы А.В. Бурова и А.В. Оболенской [1], а также исследования, выполненные в институте химии твердого тела и механохимии СО РАН [22], свидетельствуют, что длительные механические воздействия приводят к существенному снижению степени кристалличности и степени полимеризации целлюлозы. Авторы согласны, что «существующие взгляды на структуру целлюлозы часто неоднозначны, а иногда даже противоречивы» [1]. Поэтому данные по снижению степени полимеризации целлюлозы при механических воздействиях нуждаются в дополнительном подтверждении с использованием других методов исследования.

Более высокое содержание в невозвратных отходах льна лигнина и целлюлозы (в сравнении с пылевидными отходами хлопка), более высокая степень полимеризации целлюлозы и меньшее засорение минеральными веществами обуславливает более высокие прочностные показатели мягких композиционных плит из отходов льнопрядильных производств.

Мягкая модификация слабой кислотой поверхности пылевидных отходов волокон позволяет удалить часть жировосковых веществ и улучшить физико-механические показатели композитов.

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод о целесообразности использования безвозвратных отходов прядения льняных и хлопковых волокон в качестве наполнителя композиционных плитных материалов теплоизоляционного назначения.

Список литературы

1. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров. СПб., 1999. 628 с.
2. Катраков И.Б., Маркин В.И., Базарнова Н.Г. Получение пресс-масс и плитных материалов на основе кавитированного растительного сырья // Известия Алтайского государственного университета. 2014. №3 (83). С. 204–208.
3. Nahed A., Abd el-Ghany. Organosolv pulping of cotton linter. II. Effect of dioxane and anthraquinone on cotton linter properties // Cellulose Chem. Technol. 2012. N46 (1-2). Pp. 137–145.
4. Косточко А.В., Шипина О.Т., Валишина З.Т., Гараева М.Р., Александров А.А. Получение и исследование свойств целлюлозы из травянистых растений // Вестник Казанского технологического университета. 2010. №9. С. 267–275.
5. Гисматулина Ю.А., Будаева В.В. Сравнение целлюлоз, выделенных из мискантуса, с хлопковой целлюлозой методом ИК-Фурье спектроскопии // Ползуновский вестник. 2014. №3. С. 177–181.
6. Маркин В.И., Чепрасова М.Ю., Базарнова Н.Г. Основные направления микроволнового излучения при переработке растительного сырья (обзор) // Химия растительного сырья. 2014. №4. С. 21–42.
7. Шумный В.К., Колчанов Н.А., Сакович Г.В. и др. Поиск возобновляемых источников целлюлозы для многоцелевого использования // Вестник ВОГиС. 2010. Т. 14. С. 569–578.
8. Боголицын К.Г., Каплицин П.А., Дружинина А.С., Овчинников Д.В., Шульгина Е.В., Паршина А.Э. Целлюлозная матрица арктических бурых водорослей: выделение, структура // Современные наукоемкие технологии. 2015. №12. С. 14–19.
9. Левданский В.А., Левданский А.В., Кузнецов Б.Н. Экологически безопасный способ получения из древесины ели целлюлозного продукта с высоким содержанием альфа-целлюлозы // Химия растительного сырья. 2014. №2. С. 35–40.
10. Романченко А.С., Левданский А.В., Левданский В.А., Кузнецов Б.Н. Изучение сульфатов целлюлозы методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии // Химия растительного сырья. 2014. №1. С. 65–72.
11. Геньш К.В., Базарнова Н.Г. Окисленная целлюлоза. Получение. Применение в медицине // Химия растительного сырья. 2013. №4. С. 13–20.
12. Будаева В.В., Митрофанов Р.Ю., Золотухин В.Н., Сакович Г.В. Новые сырьевые источники целлюлозы для технической химии // Вестник Казанского технологического университета. 2011. №7. С. 205–212.
13. Гисматулина Ю.А. Получение целлюлозы азотнокислым способом напрямую из соломы льна-межеумка // Ползуновский вестник. 2014. №3. С. 160–163.
14. Kamel S. Nanotechnology and its applications in lignocellulosic composites, a mini review // Express Polymer Letters. 2007. Vol. 1, N9. Pp. 546–575.
15. Алешина Л.А., Власова Е.Н., Грунин Л.Ю. и др. Структура и физико-химические свойства целлюлоз и нанокмппозитов на их основе. Петрозаводск, 2014. 240 с.
16. Гоготов А.Ф., Киселев В.П., Станкевич В.К., Панасенкова Е.Ю., Чайка А.А. Применение гидролизного лигнина как полимерной основы для химического обезвреживания полихлоралифатических соединений // Химия растительного сырья. 2014. №2. С. 225–234.
17. Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Ибрагимов А.М. Исследование интенсивности образования пылевидных отходов текстильных предприятий, используемых для производства строительных лигноцеллюлозных композиционных материалов // Технология текстильной промышленности. 2016. №2 (362). С. 219–222.
18. Куничан В.А., Харитонов С.В. Синтез карбоксиметилцеллюлозы из льняной целлюлозы // Химия растительного сырья. 1999. №2. С. 155–157.
19. Азаров В.И., Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М., 1991. 320 с.
20. Xiao-Ping Hu, You-Lo. Hsieh effects of dehydration on the crystalline structure and strength of developing cotton fibers // Textile Research Journal. 2001. N71(3). Pp. 231–239.
21. Jiri Militky. Structure and properties of cotton fiber: a literature review. 2009. URL: <https://ru.scribd.com/doc/30439788/Structure-and-Properties-of-Cotton-Fiber-A-Literature-Review>.
22. Голязимова О.В., Политов А.А., Ломовский О.И. Механическая активация ферментативного гидролиза лигноцеллюлозы // Химия растительного сырья. 2009. №2. С. 59–63.
23. Jones E.J. The ultraviolet absorption spectra of complex hydroxyaromatic compounds and derivatives, with particular reference to lignin // TAPPI. 1949. Vol. 32. Pp. 311–315.
24. Фридлянд Г.И. Справочник по химической обработке льняных тканей. М., 1973. 406 с.
25. Браунс Ф.Э. Химия лигнина. М., 1964. 864 с.
26. Кочева Л.С. Структурная организация и свойства лигнина и целлюлозы травянистых растений семейства злаковых: автореф. дис. ... док. хим. наук. Архангельск, 2008. 42 с.
27. Базарнова Н.Г., Карпова Е.В., Катраков И.Б., Маркин В.И., Микушина И.В., Ольхов Ю.А., Худенко С.В. Методы исследования древесины и ее производных. Барнаул, 2002. 160 с.

Поступило в редакцию 9 сентября 2016 г.

После переработки 3 февраля 2017 г.

*Susoeva I.V.**, *Vakhnina T.N.*, *Sviridov A.V.* THE CHEMICAL COMPOSITION AND METHOD UTILIZATION OF PRODUCTION WASTE COTTON AND LINEN FIBERS*Kostroma state University, ul. Dzerzhinskogo, 17, Kostroma, 156005 (Russia), e-mail: i.susoeva@yandex.ru*

The article considers the properties of the irretrievable wastes textile cotton and linen fibres, which can be used for the production of composite materials. To determine the content of cellulose, lignin, pentosan and furfural in the fibres and their waste. Performed infrared spectroscopy of the fibers and the irretrievable waste of their production. Possibility of use of the irretrievable waste spinning of textile fibres for further processing in the soft composite Board materials, determined the physical and mechanical properties of composite plates. To reduce the number jirouskova substances on the surface of dust waste of flax and cotton, we used the method of modifying plant material one percent solution of sulfuric acid, it is possible to improve the physical and mechanical properties of composite plates. The accuracy of the results is ensured by the use of classical methods of determination of chemical composition of plant materials, duplication and statistical processing of research results using spectroscopic method.

Keywords: waste, cotton, linen, cellulose, lignin, degree of polymerization, the IR spectrum, processing the composite.

References

1. Azarov V.I., Burov A.B., Obolenskaia A.B. *Khimiia drevesiny i sinteticheskikh polimerov*. [Chemistry of wood and synthetic polymers]. St. Petersburg, 1999, 628 p. (in Russ.).
2. Katrakov I.B., Markin V.I., Bazarnova N.G. *Izvestiia Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no. 3 (83), pp. 204–208. (in Russ.).
3. Nahed A., Abd el-Ghany. *Cellulose Chem. Technol.*, 2012, no. 46 (1-2), pp. 137–145.
4. Kostochko A.V., Shipina O.T., Valishina Z.T., Garaeva M.R., Aleksandrov A.A. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2010, no. 9, pp. 267–275. (in Russ.).
5. Gismatulina Iu.A., Budaeva V.V. *Polzunovskii vestnik*, 2014, no. 3, pp. 177–181. (in Russ.).
6. Markin V.I., Cheprasova M.Iu., Bazarnova N.G. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2014, no. 4, pp. 21–42. (in Russ.).
7. Shumnyi V.K., Kolchanov N.A., Sakovich G.V. i dr. *Vestnik VOGiS*, 2010, vol. 14, pp. 569–578. (in Russ.).
8. Bogolitsyn K.G., Kaplitsin P.A., Druzhinina A.S., Ovchinnikov D.V., Shul'gina E.V., Parshina A.E. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2015, no. 12, pp. 14–19. (in Russ.).
9. Levdanskiĭ V.A., Levdanskiĭ A.V., Kuznetsov B.N. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2014, no. 2, pp. 35–40. (in Russ.).
10. Romanchenko A.S., Levdanskiĭ A.V., Levdanskiĭ V.A., Kuznetsov B.N. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2014, no. 1, pp. 65–72. (in Russ.).
11. Gen'sh K.V., Bazarnova N.G. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2013, no. 4, pp. 13–20. (in Russ.).
12. Budaeva V.V., Mitrofanov R.Iu., Zolotukhin V.N., Sakovich G.V. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2011, no. 7, pp. 205–212. (in Russ.).
13. Gismatulina Iu.A. *Polzunovskii vestnik*, 2014, no. 3, pp. 160–163. (in Russ.).
14. Kamel S. *Express Polymer Letters*, 2007, vol. 1, no. 9, pp. 546–575.
15. Aleshina L.A., Vlasova E.N., Grunin L.Iu. i dr. *Struktura i fiziko-khimicheskie svoistva tselliuloz i nanokompozitov na ikh osnove*. [Structure and physicochemical properties of celluloses and nanocomposites based on them]. Petrozavodsk, 2014, 240 p. (in Russ.).
16. Gogotov A.F., Kiselev V.P., Stankevich V.K., Panasenkov E.Iu., Chaika A.A. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2014, no. 2, pp. 225–234. (in Russ.).
17. Susoeva I.V., Vakhnina T.N., Ibragimov A.M. *Tekhnologĭia tekstil'noi promyshlennosti*, 2016, no. 2 (362), pp. 219–222. (in Russ.).
18. Kunichan V.A., Kharitonov S.V. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 1999, no. 2, pp. 155–157. (in Russ.).
19. Azarov V.I., Obolenskaia A.B., El'nitskaia Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornye raboty po khimii drevesiny i tselliulozy*. [Laboratory work on the chemistry of wood and cellulose]. Moscow, 1991, 320 p. (in Russ.).
20. Xiao-Ping Hu, You-Lo. *Textile Research Journal*, 2001, no. 71(3), pp. 231–239.
21. Jiri Militky. *Structure and properties of cotton fiber: a literature review*, 2009, URL: <https://ru.scribd.com/doc/30439788/Structure-and-Properties-of-Cotton-Fiber-A-Literature-Review>.
22. Goliazimova O.V., Politov A.A., Lomovskii O.I. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*, 2009, no. 2, pp. 59–63. (in Russ.).
23. Jones E.J. *TAPPI*, 1949, vol. 32, pp. 311–315.
24. Fridliand G.I. *Spravochnik po khimicheskoi obrabotke l'nianikh tkanei*. [Handbook of chemical processing of linen fabrics]. Moscow, 1973, 406 p. (in Russ.).
25. Brauns F.E. *Khimiia lignina*. [Chemistry of lignin]. Moscow, 1964, 864 p. (in Russ.).
26. Kocheva L.S. *Strukturnaia organizatsiia i svoistva lignina i tselliulozy travianistykh rastenii semeistva zlako-vykh: avtoref. dis. ... dok. khim. nauk*. [Structural organization and properties of lignin and cellulose of herbaceous plants of the cereal family: author's abstract. Dis. ... doc. chem. Of sciences]. Arkhangel'sk, 2008, 42 p. (in Russ.).
27. Bazarnova N.G., Karpova E.V., Katrakov I.B., Markin V.I., Mikushina I.V., Ol'khov Iu.A., Khudenko S.V. *Metody issledovaniia drevesiny i ee proizvodnykh*. [Methods for studying wood and its derivatives]. Barnaul, 2002, 160 p. (in Russ.).

Received September 9, 2016

Revised February 3, 2017

* Corresponding author.