

## ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА НА СВОЙСТВА ПРЯЖИ

### THE DIFFERENTIATED ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF IMPURITY IN A FLAX FIBRE ON THE YARN PROPERTIES

*С.В. АЛЕЕВА, С.А. КОКШАРОВ*  
*S.V. ALEEVA, S.A. KOKSHAROV*

(Институт химии растворов РАН, г. Иваново)  
(Russian Academy of Sciences. Institute of Solution Chemistry, Ivanovo)  
E-mail: sva@isc-ras.ru

*Проведен сравнительный анализ влияния химического состава льняной ровницы на прядильную способность волокна и свойства получаемой пряжи (линейная плотность, гибкость и разрывная нагрузка).*

*The comparative analysis of the influence of a linen roving chemical compound on a fiber spinning ability and properties of a received yarn (a linear density, flexibility and a breaking loading) is carried out.*

**Ключевые слова:** льняная ровница, пектин, лигнин, гемицеллюлозы, селективная экстракция, пряжа, линейная плотность, гибкость, разрывная нагрузка.

**Keywords:** a linen roving, pectin, lignin, hemicelluloses, a selective extraction, a yarn, a linear density, flexibility, a breaking loading.

Последнее десятилетие характеризуется повышением интереса к использованию энзимных технологий при переработке текстильных материалов, в частности, в процессах биоотварки (bioscouring) хлопчатобумажных тканей [1]. Эффективна замена щелочной отварки на биообработку и при подготовке льняного волокна, гетерополимерный состав примесей которого обуславливает необходимость применения группы ферментов разного субстратного действия.

В научно-технической литературе приводятся неоднозначные сведения о роли полимерных спутников целлюлозы при переработке льняных текстильных материалов. В частности, противоречивы мнения о целесообразности деструкции гемицеллюлозных веществ [2], [3]. Более единодушны исследователи в необходимости деструкции полиуронидной основы связующих веществ [3], [4]. Вместе с тем систематизированные сведения о взаимосвязи между содержанием отдельных видов полимерных спутников

целлюлозы в льняной ровнице, ее прядильной способностью и свойствами формируемой пряжи отсутствуют. В связи с этим конкретизация задач подготовки волокнистого материала и определение оптимального уровня извлечения примесей являются необходимыми условиями для обоснования направлений действия биокатализаторов в технологическом процессе.

В работе использованы два вида суровой ровницы №16 из ассортимента сырьевой базы ОАО "Вологодский текстиль": образец №1 – из смеси отечественных сортов вологодского и нерехтинского чесаного льна, образец №2 – из смеси волокна калужского и костромского производства.

Содержание нецеллюлозных полисахаридов в волокнистом материале определяли путем их последовательной экстракции, спектрофотометрического анализа экстрактов по окрашенному комплексу полимеров с о-толуидином и математической обработки спектрограмм в соответствии с методиками [5]. В соответствии с реко-

мендациями [6] пектиновые вещества извлекали кипячением в 1 %-ном растворе лимонно-кислого аммония, а последующую экстракцию гемицеллюлоз проводили кипячением волокна в 2 %-ном растворе HCl. Для определения целлюлозы нейтрализованный остаток волокна растворяли в

78 %-ной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с оценкой содержания отфильтрованного коагулированного лигнина весовым методом [7].

Результаты анализа содержания основных компонентов в сопоставляемых образцах технического льняного волокна приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Группы веществ льняного волокна	Содержание компонентов, G ±0,1, масс. %	
	образец №1	образец №2
Целлюлоза	69,3	68,4
Сумма примесей	30,7	31,6
в том числе:		
гемицеллюлозы	15,5	12,6
лигнин Класона	4,1	6,4
пектин	3,6	5,2
белки	1,5	1,3
воска	1,8	1,7
зола	1,6	1,9
другие	2,6	2,5

Экспериментальные данные свидетельствуют, что, несмотря на примерно одинаковое общее количество примесей (~ 1/3 от массы волокна), сопоставляемые образцы волокнистого материала в зависимости от сорта льна-долгунца и условий производства имеют существенное различие в составе полимерных спутников целлюлозы. Образец ровницы №2 относится к категории трудно перерабатываемого сырья и обладает повышенной жесткостью в связи с высоким содержанием лигнина и пектиновых веществ, массовая доля которых в 1,5 раза превышает их содержание в образце №1.

Полученные результаты подтверждают необходимость адаптации технологических параметров химической и, особенно, биохимической подготовки льняной ровницы к прядению с учетом специфики полимерного состава и химических свойств сырьевой базы текстильных предприятий.

Для дифференциации влияния полимерных спутников целлюлозы на прядильную способность волокна и свойства получаемой пряжи образцы льняной ровницы №1 и №2 после удаления жировосковых примесей в растворе неионогенного смачивателя в течение 1 ч при 85°C подвергнуты селективной экстракционной обработке растворами лимонно-кислого

аммония при 90°C для извлечения пектиновых веществ, биокатализаторов галактаназной и ксиланазной активности при 50°C для извлечения гемицеллюлозных соединений и диоксана при 50° для десорбции лигнина. Варьирование количества извлекаемых примесей обеспечивали регулированием длительности воздействия реагентов в интервале 20...120 мин с шагом 20 мин. Полученные образцы ровницы после отбора волокна на анализ полимерного состава подвергались пробному прядению мокрым способом при одинаковых условиях работы прядильной машины ПМ-88-Л8.

С использованием стандартных методов текстильного материаловедения [8] геометрические, деформационные и прочностные характеристики полученной льняной пряжи протестированы по показателям линейной плотности (Т, текс), гибкости (Г, мм), разрывной (Р, сН) и удельной разрывной нагрузки (Р<sub>у</sub>, сН/текс). На рис. 1...3 представлено изменение технологических свойств пряжи по данным статистического анализа ста измерений для каждой характеристики материала в сопоставлении с результатами анализа остаточного содержания в волокне селективно извлекаемого полимерного спутника целлюлозы (пектины – П; гемицеллюлозы – ГЦ; лигнин – Л, масс. %; подстрочные индексы 1 и 2 приняты для обо-

значения совокупности данных для соответствующего вида обрабатываемой ровницы №1 и №2). Для удобства восприятия экспериментальных данных шкала оси абсцисс направлена в сторону уменьшения остаточного содержания полимерных примесей в волокне. Рис.1 – влияние содержания примесей на линейную плотность пряжи, рис. 2 – изменение гибкости пряжи при варьировании количества примесей в волокне, рис. 3 – дифференциация вклада полимерных примесей льна на изменение разрывной нагрузки (а) и удельной разрывной нагрузки (б) пряжи.

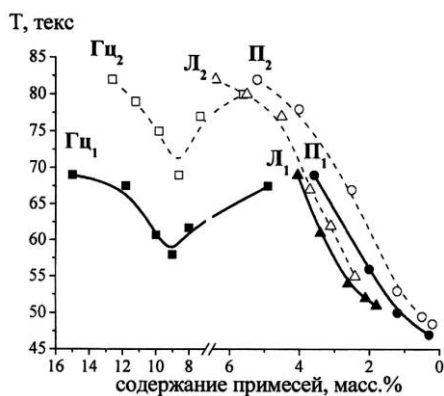


Рис. 1

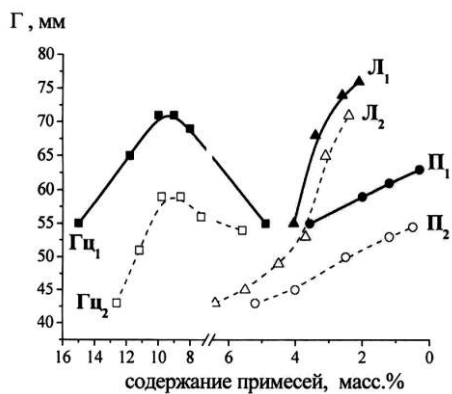


Рис. 2

Анализ данных рис. 1 и 2 позволяет сделать следующие заключения:

– удаление пектиновых соединений, являющихся клеящей основой связующих веществ в структуре комплексного льняного волокна, и лигнина в одревесневших меж-

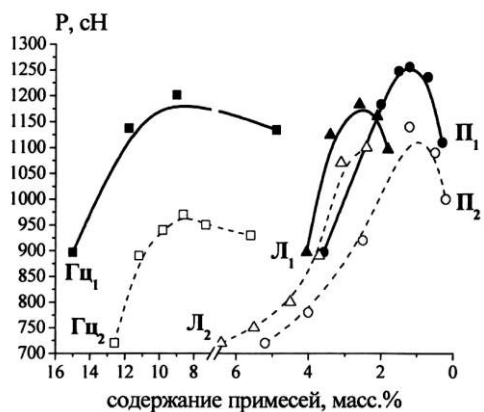
клеточных образованиях повышает дробимость комплексов в условиях прядения и их гибкость, влияющую на процесс скручивания пряжи;

– сопоставление угла наклона соответствующих кривых свидетельствует, что деструкция лигниновых образований в межволоконных пространствах имеет более существенное значение для дробления и крутки льняных комплексов;

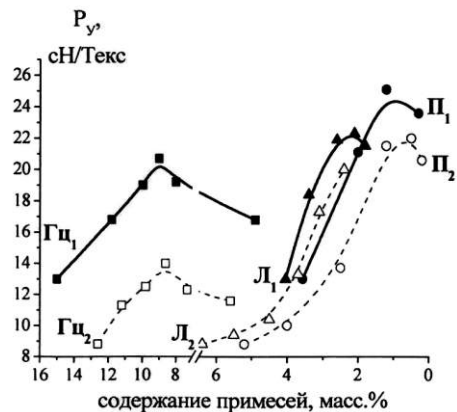
– в случае высоколигнифицированного волокна (ровница №2) начальный медленный участок кривых Л<sub>2</sub> обусловлен недостаточной степенью повреждения одревесневших межклеточных образований, скрывающих большие группы элементарных волокон и препятствующих дроблению комплексов;

– экстремальный характер зависимостей свойств пряжи от содержания гемицеллюлоз обусловлен двумя видами пространственной их дислокации в структуре комплексного волокна – в инкрустирующих остатках паренхимных тканей стебля на внешней поверхности комплексов и в межклеточном матриксе; разрушение инкрустов оказывает положительное влияние на дробимость комплексного волокна в процессе прядения, деструкция гемицеллюлоз в межклетниках, аморфизирующих их структуру и обеспечивающих продольное проскальзывание структурных фрагментов и утонение волокнистого материала при наложении растягивающих усилий в натяжном приборе прядильной машины, нежелательна;

– менее привлекательное расположение экспериментальных кривых для образцов ровницы №2 обусловлено более высоким содержанием основных видов примесей, оказывающих влияние на дробимость льняных комплексов (пектиновых веществ и лигнина), как в исходном волокнистом материале, так и для образцов в соответствующих временных точках экстракционной обработки.



а)



б)

Рис.

Отмеченные выше закономерности в полной мере справедливы и для концентрационных зависимостей изменения прочностных свойств пряжи, представленных в виде абсолютного значения разрывной нагрузки пряжи  $P$  (рис. 3-а) и в форме приведенного показателя удельной разрывной нагрузки  $P_y = P / T$  (рис. 3-б). Вместе с тем экстремальный характер изменения прочностных показателей проявляется не только при извлечении гемицеллюлозных соединений, но и в случаях варьирования остаточного содержания пектиновых веществ и лигнина. Очевидно, наличие порогового значения на зависимости прочности пряжи от содержания пектиновых веществ обусловлено необходимостью присутствия в волокнистом материале определенного их количества для обеспечения склеивания раздробленных комплексов в структуре пряжи в высушенном состоянии. Для обоих видов исходного льняного сырья оптимум массовой доли пектиновых веществ в пряже попадает на диапазон от 1,5 до 0,5 масс.%. Кроме того, чрезмерное удаление пектиновых веществ повышает риск протекания элементаризации волокнистого материала, что повысит тонину пряжи, но негативно отразится на ее прочности и в увеличении непроизводительных потерь отделившихся волокон с пуховыми отходами прядения.

Перелом зависимости прочности пряжи при остаточном содержании лигнина менее 2,5 масс.%, по-видимому, связан с существенным его повреждением в стыковых спай-

ках между элементарными волокнами. Нежелательность этих процессов обусловлена возможностью поперечного разрушения комплексов при воздействии растягивающих усилий вместо продольного дробления.

Совокупный анализ изменения качественных показателей льняной пряжи позволяет установить допустимый уровень разрушения примесей в льняном волокне на стадии подготовки его к прядению. Рекомендуемое остаточное содержание полимерных спутников целлюлозы в подготовленной ровнице составляет (масс.%): пектин 0,5...1,0; лигнин 2,0...2,5; гемицеллюлозы 8,0...10.

Полученные результаты объективно отражают необходимость селективного воздействия на компоненты связующих веществ льняного волокна с возможностью индивидуальной корректировки интенсивности деструктирующего влияния по каждому фактору в зависимости от исходного соотношения массовой доли полимерных спутников целлюлозы в перерабатываемом сырье. Традиционные методы подготовки волокна, основанные на неизбирательном тотальном действии химических реагентов на все виды высокомолекулярных соединений, подобных возможностей не обеспечивают, что и предопределяет существенные колебания качественных показателей получаемых текстильных полуфабрикатов. Вместе с тем для полной и успешной реализации всех преимуществ ферментативных способов переработки льняного сырья целесообразно осуществление корректи-

ровки рецептуры полиферментных композиций для достижения рациональной степени деструкции нецеллюлозных полимеров.

## ВЫВОДЫ

Экспериментально подтверждена взаимосвязь технологических свойств льняной пряжи и остаточного содержания полимерных примесей после подготовки волокна. Установлены оптимальные уровни удаления примесных соединений для достижения рационального сочетания свойств пряжи, рекомендуемое остаточное содержание (масс. %): пектин 0,5...1,0; лигнин 2...2,5; гемицеллюлозы 8...10.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Degani O. et al.* Potential use of cutinase in enzymatic scouring of cotton fiber cuticle. // *Appl. Biochem. Biotechnol.* – 2002. V. 102/103. P. 277...289.

2. *Henriksson G. et al.* Production of highly efficient enzymes for flax retting by *Rhizomucor pusillus* // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1997. V. 63. P.3950...3956.

3. *Mooney C. et al.* Analysis of retted and non retted flax fibres by chemical and enzymatic means. // *J. of Biotechnology.* – 2001. V. 89. P. 205...216.

4. *Ossola M. et al.* Scouring of flax rove with aid of enzymes // *Enzyme and Microbial Technology.* – 2004. V.34. P. 177...186.

5. *Усов А.И., Яроцкий С.В.* Раздельное определение гексоз и пентоз // *Известия Академии наук СССР. Серия химическая.* – 1974. №4. С. 877...880.

6. *Иванов А.Н.* Физико-химические основы технологии приготовления льнотресты: Дис.... докт. техн. наук. – Кострома, 1989.

7. *Кричевский Г.Е., Никитков В.А.* Теория и практика подготовки текстильных материалов из целлюлозных волокон. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

8. Лабораторный практикум по материаловедению швейного производства: Учеб. пособие для вузов/ Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова, Д.Г. Петропавловский и др. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

Рекомендована научно-техническим семинаром ИХР РАН. Поступила 15.10.10.