

УДК 677.04/03

**КОМБИНИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ И БИОХИМИЧЕСКОЙ ОТДЕЛКИ  
ЛЬНОСОДЕРЖАЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ***А.В. ЧЕШКОВА, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ, Л.Н. МОНАХОВА, Е.А. СМИРНОВА***(Ивановский государственный химико-технологический университет,  
ОАО "Яковлевский льнокомбинат" (г.Приволжск))**

Современные тенденции в моде определяют новые функции и качество льняных изделий. Дессинаторские решения все чаще направлены на разработку костюмных льносодержащих тканей повышенной мягкости и драпируемости. Недостатком известных химических составов для мягчения, используемых в процессах заключительной отделки, является то, что они не обеспечивают долговременного эффекта мягчения, который во многом зависит от условий и числа стирок при последующей эксплуатации тканей и изделий из них. Это связано с тем, что мягчитель лишь поверхностно нанесен на текстильный материал. Применяемые синтетические реактивы в композиционных составах мягчителей могут являться дерматологически небезопасными и значительно ухудшать сточные воды производства в экологическом плане. В связи с возрастающими требованиями к качеству текстильных материалов и экологизации производства использование ферментативных катализаторов весьма актуально для современного производства. Особый интерес представляет создание совмещенных технологий подготовки и заключительной отделки для природноокрашенных суровых тканей, окрашенных пестротканей и тканей с цветными нитями

применительно к современному и действующему оборудованию отечественных производств [1], [2].

Задачей данного исследования являлось определение оптимальных условий тополитического воздействия ферментов на текстильный целлюлозный материал с целью изменения его упругоэластических свойств, а именно мягкости и пластичности (драпируемости). Для достижения поставленной цели необходимо решить комплексную задачу: освободить льняной материал от примесей, придающих окраску и жесткость (лигнин) и одновременно максимально сохранить ценные свойства волокнообразующего полимера – целлюлозы.

Результаты анализа технических свойств ферментативно модифицированных тканей позволяют заключить, что обработка композицией гидролаз в условиях, оптимальных для проявления каталитической активности ферментов (50°C в течение 60 мин) без дополнительного механического воздействия, недостаточна для получения требуемой расшлихтовки и желаемых эффектов мягчения и осветления. Технические результаты уступают полученным при механохимическом способе отделки. (табл. 1 – сравнительные резуль-

таты мягчения суровых льняных тканей по механической технологии (1) и фермента-

тивными способом (2)).

Т а б л и ц а 1

Способ подготовки	Белизна, %	Мягкость, %	Разрывная нагрузка, Н	Капиллярность, мм
Арт.1003 (отбеленная ткань)				
1. Механохимическое мягчение (ЛЖО+АИРО 1000S)	83,9/85,2	11,1/55,6*	680/8,5**	85/110
2. Ферментативное мягчение (ВК-3)	83,9/84,4	16,7/50,0	480/5,6	85/90
Суровая ткань, арт. 1010 (серый лен)				
1. Механохимическое мягчение (ЛЖО+АИРО 1000S)	36,5/52,3	14,4/44,4	705/9,2	25/85
2. Ферментативное мягчение (ВК-3)	36,5/40,8	14,4/33,3	550/7,3	25/70

П р и м е ч а н и е. \* в числителе дроби – результаты до обработки, в знаменателе – после; \*\* в числителе дроби – результаты для полоски ткани, в знаменателе – для одиночной нити.

Для природноокрашенных тканей действующий режим отделки состоит из нескольких стадий, а именно: щелочной отварки, обработки щавелевой кислотой и далее – механическом воздействии, совмещенном с обработкой синтетическими мягчителями.

Увеличение длительности обработки целлюлазами до 180 мин, при условии точного соблюдения оптимальных рН и температуры, а также активация процесса ферментативного гидролиза целлюлазами путем механического воздействия на волокнистый материал ( $V_{\text{вращения}} 600 \text{ об/мин}$ ), не способствуют более эффективному протеканию процессов депектинизации, делигнификации и получению требуемого качества подготовки (рис.1, кривая 2). На рис.1: 1 – Амилоризин П10Х; 2 – Целлолигнорин П10Х; 3 – Целлобранин ГЗХ; 4 – Целлюзим; 5 –  $\beta$ -глюканаза; 6 – Целлофоеитидин П10Х; 7 – Целлоконингин П10Х; 8 – Целловиридин Г10Х; 9 – Блюзайм; 10 – Пектавоморин П10Х; 11 – Ксилоглюканфоеитидин П10Х; 12 – Целлюлаза 100; 13 – Пектофоеитидин П10Х + Целлолигнирин П10Х; 14 – Пектофоеитидин П10Х + Целлобранин ГЗХ; 15 – Вискозим + Целлюзим; 16 – Мацерробациллин ГЗХ+ Целлобранин ГЗХ; 17 – МЭК-1; 18 – Пектофоеитидин П10Х + Целловиридин Г10Х; 19 –  $\beta$ -глюканаза+ эндополигалактуроназа+ $\beta$ -маннанназа (суммарная концентрация препаратов в растворе 0,5 % от массы льняного волокна, модуль 1: 50).

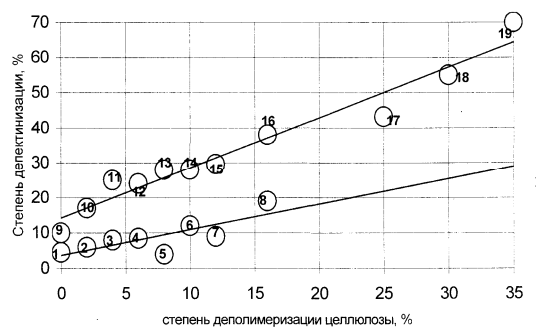


Рис. 1

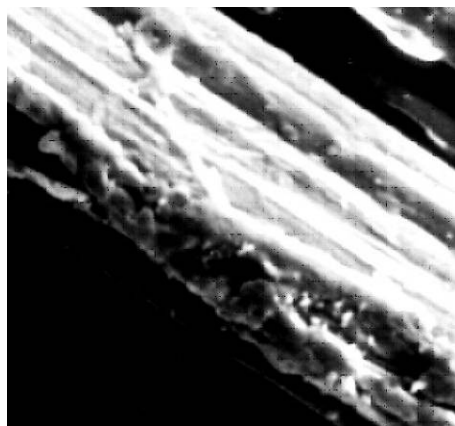
Более результативно совмещение действия полифункциональных композиций, включающих комплекс ферментов, селективно действующих на различные примеси и технологические загрязнения, а также на целлюлозу поверхностных слоев волокна, с механическим воздействием.

Корреляция между степенью деполимеризации целлюлозы длиноволокнистого льна и степенью депектинизации.

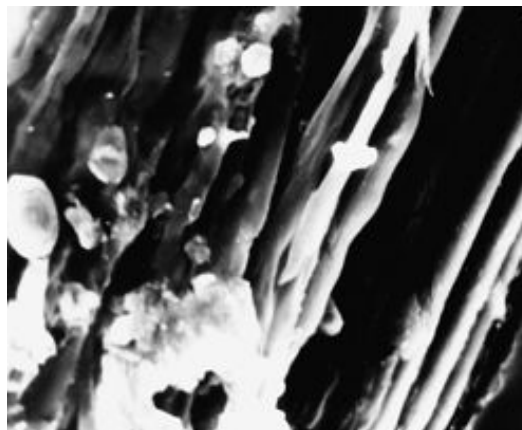
Комплексное воздействие композиции гидролаз, в отличие от "биополировки" только целлюлазами, обеспечивает отбеливание, котонизацию, повышение ворсистости и мягчение материала. Эффективность действия полиферментной композиции обусловлена специфической модификацией комплексного льняного волокна, сопровождающейся депектинизацией и снижением степени полимеризации целлюлозы (рис. 1, кривая 1). Ферментная композиция должна содержать амилазы – для расшлихтовки, пектиназы (эндополигалактоураназа) – для котонизации, ксиланазу и арабиназу – для эффективной делигнификации и целлюлазу ( $\beta$  1,4-глюканазу) – для поверхностной эро-

зии волокон. Температурный диапазон активности полиферментных препаратов составляет от 45 до 75°C при pH 5,5...7,5 при концентрации в растворе от 1 до 5 г/л, что

выгодно отличает их от препаратов химической природы и обеспечивает высокую экологичность процессов.



а)



б)

Рис. 2

Методом электронной микроскопии установлено, что в результате сочетания ферментативной обработки и механического воздействия на льняной материал происходит нарушение структуры клеящего вещества срединных пластинок и, как следствие, расщепление волокна на комплексы от 3 до 8 волокон. Остаточный лигнин локализуется в новообразованиях (кристаллах) (рис. 2-б) (на рис. 2 представлены электронные растровые микрофотографии поверхности нативного длиноволокнистого льна (а – 1:1000) и после ферментативной модификации (б – 1:1000)). В результате такой модификации образуется дополнительная система капилляров, что положительно сказывается на капиллярности и гибкости волокна.

Нарушение структуры лигнин-полисахаридного комплекса в результате действия пектиназ, селективной расщиповки амилазами и частичной "эрозии" по-

верхности за счет действия целлюлаз обеспечивает специфическую делигнификацию и "отбеливание" природноокрашенных льняных тканей (рис. 3 – спектры отражения льняной ткани арт. 1010, подготовленной ферментативно-механическим способом; длительность ферментативной обработки: 1 – 180 мин, 2 – 120 мин, 3 – 60 мин, 4 – 30 мин, 5 – суровая ткань).

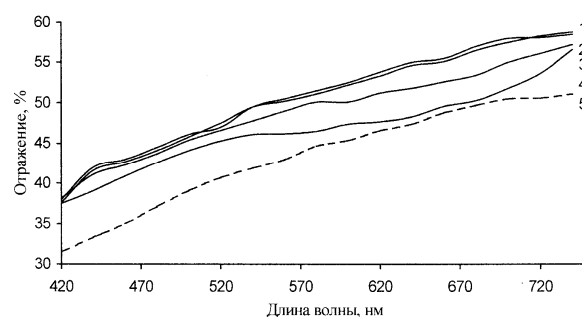


Рис. 3

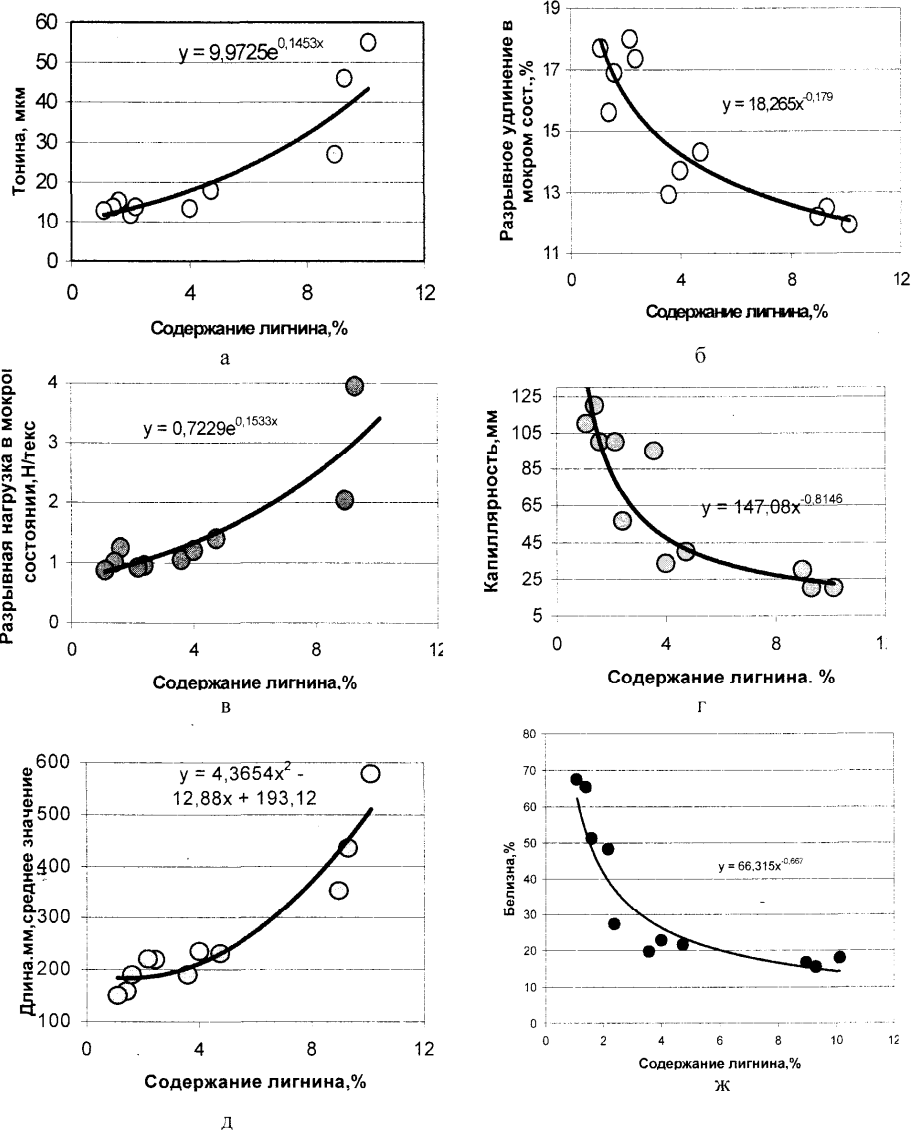


Рис. 4

Установлены корреляции (рис. 4) между параметрами, определяющими технические свойства льна различного качества и содержанием в нем лигнина. В эксперименте использовали волокно различного качества: после механической, биохимической подготовки и после всего цикла беле-ния (включая щелочно-перекисное беле-ние). Полученные данные явились основой для разработки процессов ферментативной подготовки, беле-ния и заключительной отделки льносодержащих материалов по сокращенным схемам, где ферментативная обработка на первой стадии определяет построение технологического процесса в целом. Для реализации данных технологий из известных коммерческих препаратов рекомендуются композиции, например, Аквазим, Биопреп, Целлюзим фирмы No-

vozymes или Амилоризин, Пектофоетидин, Целловиридин (АО Восток) или композиционные препараты ферментов и ПАВ, на-пример, такие как Биофлекс (ООО Биохим, г. Москва), Биолен (АО Ивхимпром), Био-софт (АО Ивхимпром) или Брюзайм (ООО Русфермент, г.Москва) в сочетании с Ами-лазой НТ.

Производственными испытаниями под-тверждено, что механобиохимическая об-работка позволяет нивелировать цветовые пороки материала (желтизна, бурый отте-нок), повысить белизну на 8...10 ед, ка-пиллярность на 60...70 мм и мягкость льняной ткани более чем в 3 раза. Степень расшлихтовки достигает 98...99%, а сум-марная степень удаления примесей от 10 до 40% , что превосходит результаты по-стадийной технологии обработки природ-

ноокрашенных тканей путем щелочной отварки, обработки щавелевой кислотой и последующего механохимического мягчения.

Разработаны несколько вариантов построения технологий (табл. 2 – результаты производственных испытаний совмещенной технологии подготовки и мягчения природноокрашенных льняных (1,2) и полульняных (3,4) тканей):

– для линий ЛЖО (1 секция),

– для обработки расправленным полотном (ВК-3, линии Бенингер, Вакаяма) в сочетании с механической обработкой на аппаратах Airo-1000s влажного полотна,

– для обработки тканей и изделий на машинах типа КТ-100.

– "холодная" ферментативная обработка на машинах рулонно-перемоточного типа с последующим ворсованием или обработкой на Airo-1000s сухого полотна (для котонинсодержащих и полульняных тканей).

Таблица 2.

№ п/п	Технология	Разрывная нагрузка, Н	Вязкость, ед	Устойчивость к истиранию, циклы	Мягкость, %	Капиллярность, мм	Белизна, %
1	Ферментативно-механическое мягчение **	840/776*	2,0/1,92	-/8037	0/60	20/70	32,9/40,6
2	Ферментативное мягчение на КТ-100	935/620	2,3/1,99	-/8534	0/36	20/110	28,5/37,5
3	Плюсовочно-роликовый способ ***	550/490	2,5/2,09	-/9094	5/28	12/165	35,0/40,5
4	Модуль линии ЛЖО (обработка в жгуте)	575/510	2,5/1,98	-/9234	5/25	30/120	42,0/48,8

Примечание. \* в числителе – значения для суровой ткани, в знаменателе – после ферментативно-механической отделки. Условия процесса: препарат Биофлекс 2...3 г/л, 60°C, pH 6-7; \*\* ферментативная обработка на джигере ВК-3 (20 мин – 2 прохода), отжим, механическое мягчение на AIRO-1000 s в течение 30 мин. \*\*\* ферментативное мягчение (пропитка 60°C, выдерживание в ролике 6...12 ч, промывка, сушка, ворсование или обработка на AIRO-1000 s.

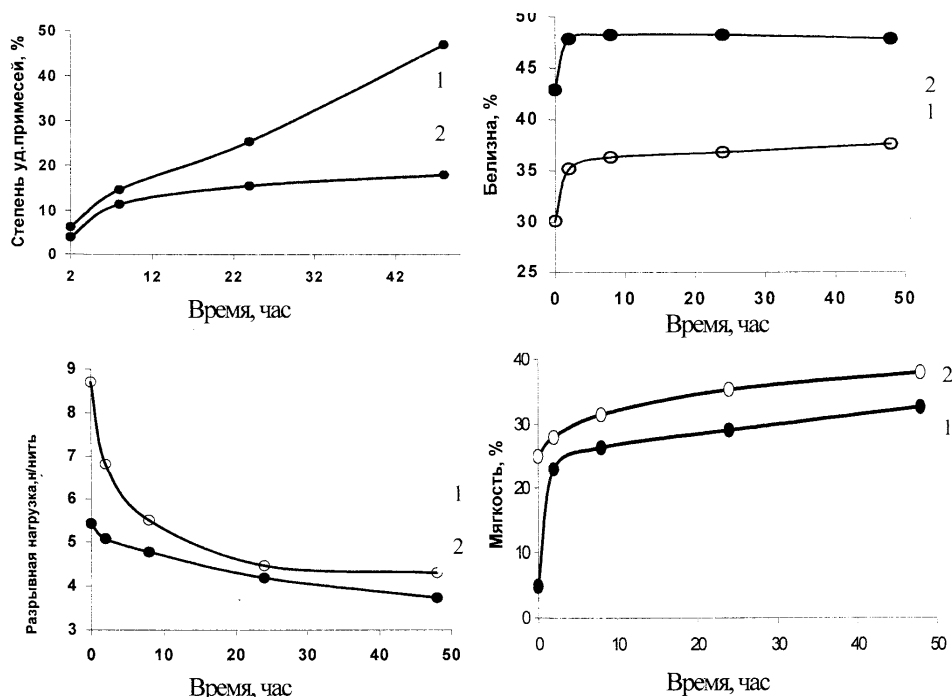


Рис. 5

На примере изменения технических свойств природноокрашенной льняной (кривая 1) и полульняной (кривая 2) ткани (рис. 5) показано влияние длительности ферментативного воздействия полиферментным препаратом Биофлекс (композиция амилаз, пектиназ, целлюлаз). Технология предусматривает пропитку при температуре 60...70 °С, отжим до 100% остаточной влажности и выдерживание ткани без дополнительного подогрева в течение 30 мин...48ч. Можно видеть, что в результате эффективной расшлихтовки, частичной депектинизации и делигнификации материала уже за 1...6 ч достигается требуемый эффект подготовки: частичное "отбеливание", высокая капиллярность при допустимом снижении прочностных свойств. Оптимальная длительность ферментативной обработки в температурном режиме от 45 до 75°С – 60...180 мин.

Результатами практической реализации способа в условиях отделочного производства Красавинского, Яковлевского и Гаврилов-Ямского льнокомбинатов доказана возможность снижения разнооттеночности полотен природноокрашенной льняной ткани и получения новых эффектов мягчения на тканях с цветными нитями в процессе подготовки. В условиях отделочного производства Яковлевского льнокомбината получены природноокрашенные льняные ткани, полностью выработанные по ферментативным технологиям от подго-

товки ровницы до подготовки ткани. Высокая экологичность предлагаемых совмещенных процессов подготовки и мягчения подтверждается снижением БПК с 8881 до 545, ХПК с 4991 до 180 мг/л O<sub>2</sub>, повышением прозрачности сточных вод с 9 до 20, снижением концентрации взвешенных и сухого остатка более чем в 5 раз.

## ВЫВОДЫ

1. Выбраны рациональные высокоэкологичные режимы механобиохимической подготовки льняных тканей, обеспечивающие дополнительный эффект лонгированного мягчения.

2. Экспериментально и практически подтверждена возможность отделки природноокрашенных льносодержащих тканей по технологиям, минимизирующим использование химических реагентов, основанным на совмещении биохимических и механических обработок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чешкова А.В., Мельников Б.Н. // Текстильная химия. Спец. вып. РСХТК. – 2000, № 2(18). С.112...117.
2. Чешкова А.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 1. С.67...70.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 25.12.06.