

## ПРОГРЕСС ТЕКСТИЛЬНОЙ ХИМИИ ЗА 50 ЛЕТ

*Б.Н. МЕЛЬНИКОВ**профессор, докт. техн. наук, член редколлегии журнала***(Ивановский государственный химико-технологический университет)**

Появление в 1957 году журнала "Технология текстильной промышленности" совпало с новым курсом развития СССР – курсом химизации всех сфер производства. Закономерно, что эта тенденция наиболее четко проявилась в химико-текстильном производстве. В конце 50- начале 60-х гг. на мировом рынке появились принципиально новые красители: например, активные, пигменты, катионные, дисперсные; начали усиленно внедряться новые препараты, ТВВ и приемы воздействия на текстильные материалы, приводящие в конечном итоге к малой сминаемости, устойчивости к усадке, износоустойчивости. Эти же препараты давали возможность получать на текстильных материалах эффекты устойчивого тиснения, серебрения, блеска, глянца, шелковистости и др.

Резкое увеличение масштабов производства привело к необходимости перехода на непрерывно-поточные способы обработки текстильных материалов в химико-текстильном производстве. В период с 1950 по 1985 гг. совместными усилиями ученых ряда вузов, научно-исследовательских институтов, конструкторских и проектных организаций были разработаны исходные требования более чем на 20 наименований различных видов отделочного оборудования, которое было изготовлено машиностроителями и до настоящего времени эффективно функционирует.

Широкое внедрение в текстильной промышленности нашли линии для беления тканей ЛЖО-1 и ЛЖО-2, ЛБЖ, линии для

совмещения процессов мерсеризации и отварки ЛМО-140, линии промывно-сушильные ЛПС-140-10 и ЛПСС-140; линии красильно-сушильные ЛКС-140-12 и ЛКС-180-12, ЛКС-140-16, ЛКС-140-18 и ЛКС-180-17; линии красильно-сушильные термофиксационные ЛКСТ-140 и 180, а также многие другие. Безусловным успехом ученых и конструкторов было создание цепочки оборудования для обработки текстильных материалов расправленным полотном на рабочую ширину 140 и 180 см.

Масштабная реконструкция и техническое перевооружение многих текстильных предприятий (в том числе с использованием названного оборудования) была отмечена в 1982 г. Государственной премией СССР.

Наиболее примечательными приемами создания химико-текстильных производств принципиально нового типа, интерес к которым в той или иной степени проявился во всех текстильных регионах мира, явились многочисленные попытки уйти от традиционно используемой среды для проведения химико-текстильных процессов к неводным средам: среде жидкого аммиака или органических растворителей. Это позволило разработать самые разнообразные технологии подготовки, крашения, печатания и заключительной отделки текстильных материалов в замкнутом цикле с полной рекуперацией растворителя и практически без сброса отработанных стоков в окружающую среду [1].

## Жидкий аммиак в химико-текстильных процессах

На стыке 70-80-х гг. 20-го века эта идея наиболее ярко реализовалась в огромном количестве исследований фундаментального и прикладного характера по воздействию жидкого аммиака как на волокнистые материалы, так и на красители и другие реагенты, применяемые при их обработке. Было показано, что перестройка тонкой структуры волокон под действием жидкого аммиака приводит к изменению содержания в них кристаллических и аморфных образований, что, в свою оче-

редь, благоприятно влияет на пористость волокон, их удельную внутреннюю поверхность и другие факторы, определяющие эксплуатационные характеристики волокнистых материалов и обуславливающие их активность в последующих процессах крашения, печатания и заключительной отделки.

В табл. 1 представлены параметры надмолекулярной структуры и сорбционные свойства волокон отваренной хлопчатобумажной ткани, достигаемые при обработке ее жидким аммиаком в сравнении с классической мерсеризацией [2].

Т а б л и ц а 1

Показатель	Условия обработки ткани		
	исходная до обработки	раствор NaOH (20 %) при 20°C в течение 20 с	жидкий аммиак в течение 2 с
Степень кристалличности, %	71,9	68,9	49,5
Содержание целлюлозы I в кристаллитах, %	100	80,0	2,4
Угол разориентации кристаллитов, град	29,6	26,8	20,6
Баритовое число, %	100	135	243
Сорбция йода, мг/г	34,3	44,8	143,8
Интегральная теплота набухания, Дж/г	42,6	47,0	82,3
Разрывная нагрузка*, Н	440/318	478/338	492/345
Бытовая усадка*, %	3,3/4,4	1,5/1,7	1,0/1,2

П р и м е ч а н и е. \* В числителе – основа; в знаменателе – уток.

Приведенные данные показывают, прежде всего, то, что под действием жидкого аммиака активация текстильного материала проходит практически мгновенно и при этом достигаются гораздо более высокие результаты, чем при обычно применяемых для этой цели обработках растворами едкого натра.

На основании проведенных исследований объединенными усилиями ученых вузов, НИИ и машиностроителей были разработаны модельные образцы оборудования и принципиально новые технологии обработки текстильных материалов, характеризующиеся чрезвычайно высокой скоростью протекания химических процессов, малой операционностью технологий, возможностью объединения процессов подготовки, крашения и заключительной отделки в одном технологическом цикле [1].

Вследствие целого ряда технических, экономических и организационных трудностей у нас в стране эти технологии до сих пор не реализованы. Хотя за рубежом некоторые из разработанных процессов успешно используются в практике отделки тканей.

### Роль органических растворителей в химико-текстильных технологиях

Другим очень популярным примером построения технологии обработки текстильных материалов в неводной среде является использование органических растворителей. Из огромного числа растворителей, рекомендовавшихся в те времена в патентной и научно-технической литературе, наибольшее внимание выпало на долю перхлорэтилена. Это связано с тем, что в отличие от многих других растворителей

перхлорэтилен является сравнительно недорогим, малотоксичным и негорючим продуктом с хорошей способностью к регенерации.

Многочисленные примеры описания воздействия этого и других органических растворителей на волокнистые материалы и красители, а также наиболее оригинальные варианты построения неводной технологии в химико-текстильных производствах приведены в монографии [3].

Одним из основных факторов, определяющих эффективность непрерывных способов крашения тканей и качество получаемых окрасок, является скорость перераспределения красителей с поверхности в глубь волокна в условиях фиксирующей обработки.

Особое значение этот фактор приобретает при крашении и печатании тканей из смеси синтетических и природных волокон, резко различающихся по своим свойствам. При выборе универсального способа фиксации красителей на гидрофобных и гидрофильных волокнистых материалах необходимо учитывать, что достаточно полную фиксацию можно достичь лишь в случае эффективной и в то же время обратимой пластификации обоих видов волокон в условиях фиксирующей обработки.

Наиболее полно и результативно этот принцип реализуется в азеотропной технологии крашения смешанных тканей, которая основана на использовании в качестве фиксирующей среды паров азеотропных смесей органических растворителей и воды. Преимущество использования таких двухкомпонентных сред связано с тем, что они одновременно благотворно воздействуют на структуру и гидрофобных (за счет паров растворителя), и гидрофильных (за счет паров воды) волокон.

Совместно с учеными ИХР РАН, который в 80-х гг. образовался на базе ИГХТУ, и рядом других отраслевых НИИ были проведены широкие исследования по теоретическому обоснованию и разработке технологии и аппаратуры с целью фиксации в волокне красителей различных классов при обработке текстильных материалов из смеси природных и синтетиче-

ских волокон в парах азеотропных смесей органических растворителей и воды. На основе чего были созданы различные варианты технологии крашения и печатания.

Преимущества использования азеотропных смесей в сравнении с другими способами фиксации красителей в волокне при печатании тканей из смеси гидрофильных и гидрофобных волокон четко проявляются хотя бы в том, что процесс полностью завершается за 60 с против 30 мин при фиксировании в среде насыщенного водяного пара при одной и той же температуре 100 °С. Более подробно теоретические аспекты и различные варианты азеотропной технологии крашения и печатания текстильных материалов описаны в монографиях [3], [4], а азеотропной технологии промывки – в работе [5].

Результаты исследований были доведены до создания совместно с НИЭКМИ и ИвНИТИ принципиально нового образца оборудования для фиксации красителей в волокне в парах органических растворителей и воды – зрельника ЗЗУ-4/260 [3], [6].

Цикл работ "Разработка теоретических основ химии неводных растворов и их практическое использование", опубликованных в 1962-1985 гг., был удостоен в 1987 г. Государственной премии СССР в области науки и техники.

#### **Текстильные вспомогательные вещества как средство совершенствования химико-текстильных технологий**

Растущие требования к эффективности оборудования, уменьшению его габаритных размеров, экологичности химико-текстильных производств, сокращению энергозатрат на проведение процессов обработки текстильных материалов, а также временный неуспех использования неводных технологий в производстве, послужили как бы отправным моментом для усиленного и повсеместного проявления на рубеже 20-21 веков интереса к созданию и применению современных ТВВ и различных каталитических систем практически во всех химико-текстильных технологиях.

Это обусловлено тем, что действие практически всех ТВВ так же, как и органических растворителей, основывается на активной реализации принципа эффективной сольватации функциональных групп волокнообразующих полимеров и красителей на тех стадиях обработки текстильных материалов, когда эффект сольватации обеспечивает наибольший успех протекания того или иного технологического процесса.

Направленное изменение прохождения сольватационных процессов в системе волокно–краситель, обусловленное рациональным выбором ТВВ, наиболее подходящего для данной системы, позволяет добиться положительного эффекта одновременно как в части окрашиваемости волокна, так и в достижении при этом высокой равномерности окраски.

В настоящее время всеобъемлющие исследования, направленные на непрерывное улучшение свойств и расширение сфер использования ТВВ в самых разнообразных технологиях обработки текстильных мате-

риалов, проводятся практически во всех вузах и исследовательских центрах как нашей страны, так и за рубежом. Некоторые наиболее четко сформировавшиеся направления использования ТВВ в химико-текстильных технологиях отражены в обзорной статье [7].

При совершенствовании и развитии химико-текстильных процессов на современном этапе, помимо расширения масштабов использования все новых и новых ТВВ, особое внимание уделяется поиску, разработке и практической реализации различных стабилизирующих и каталитических систем на всех стадиях обработки текстильных материалов.

Для наглядной иллюстрации эффективности действия катализаторов в качестве примера можно привести экспериментальные данные, полученные при использовании в этой роли антрахинона и его производных в процессах отварки и перекисного беления хлопчатобумажных тканей. Соответствующие данные приведены в табл. 2 и 3.

Т а б л и ц а 2

Добавка	Степень удаления примесей, %
Без добавки	36,6
Бисульфит натрия	41,2
Антрахинон	60,6
Антрахинон-1,5-дисульфонат натрия	63,6
Антрахинон-2-моносульфонат натрия	64,7
Антрахинон-1,8-дисульфонат натрия	62,8
1-аминоантрахинон	56,8
1-хлорантрахинон	61,2

Приведенные в табл. 2 данные показывают, что наличие в щелочном варочном растворе ускорителей антрахинонового ряда увеличивает степень удаления примесей примерно в два раза по сравнению с отваркой без ускорителя и в 1,5 раза в присутствии бисульфита натрия, который обычно применяют для этой цели в процессах отварки. При этом степень удаления воскообразных веществ увеличивается на 15...18%, пектиновых веществ на 13...15%, крахмальной шликты на 10...14% и лигнина в 1,6...1,8 раза по сравнению с отваркой в обычных условиях.

Химизм действия катализаторов сводится к тому, что они способствуют окислению крахмальной шликты, продуктов разрушения пектинов и полисахаридов, находящихся в варочном растворе, и переходят при этом в восстановленную форму. В результате раствор и ткань приобретают фиолетовый оттенок. Восстановленный антрахинон или его сульфопроизводные (гидрохиноны) взаимодействуют с лигнином, разрушая его, и переходят снова в окисленную форму, о чем свидетельствует исчезновение фиолетовой окраски раствора и ткани.

Применение при пероксидном белении антрахинона и его сульфопроизводных как в виде индивидуальных продуктов, так и в композициях с некоторыми ПАВ, например, с препаратом синтаф 794, обеспечива-

ет достижение более высоких показателей белизны и капиллярности и приводит к дополнительному повышению степени очистки ткани от сопутствующих примесей (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Стабилизирующие системы	Степень удаления примесей, %	Капиллярность, мм	Белизна, %
Силикат натрия	64,0	140	80,0
Антрахинон	72,0	153	82,2
Антрахинон-1,5-дисульфат натрия	74,5	160	82,9
Антрахинон-2-моносульфат натрия	73,0	160	82,5
Препарат синтаф 794	70,2	158	81,5
Антрахинон-1,5-дисульфат натрия+ + препарат синтаф 794	78,9	166	83,3

В данном случае упомянутые выше добавки не только подавляют негативное действие на целлюлозные волокна кислорода, выделяющегося при разложении перекиси водорода в щелочной среде, но и способствуют возвращению его в цикл отбеливания. Иными словами, антрахинон и его производные выполняют функции как стабилизатора процесса разложения перекиси водорода, так и катализатора возврата выделившегося кислорода в цикл беления.

При подготовке текстильных материалов в качестве катализирующих добавок рекомендуется использовать и другие вещества, например, такие, как ронгалит [8], [9], диоксид тиомочевин, тиомочевину, сульфид натрия, борогидрит натрия [10], [11].

Многочисленные теоретические и экспериментальные исследования, в основу которых были заложены различные варианты использования ТВВ, систем стабилизации и активации химических процессов, послужили основанием для создания новых ресурсо- и энергосберегающих технологий подготовки текстильных материалов разнообразного волокнистого состава, реализуемых на упомянутых ранее линиях непрерывного действия [12].

В настоящее время проявляется усиленный интерес к применению в химико-текстильных процессах нового типа ТВВ, которые получили название циклодекстрины. По химической природе это циклические полисахариды. Благодаря особенностям своего строения они обладают спо-

собностью к образованию с различными веществами комплексов типа "хозяин-гость", называемых инклюзионными комплексными соединениями включения. Путем введения в эти комплексы можно стабилизировать некоторые вещества, повысить их растворимость, уменьшить чувствительность к действию света, тепла, кислорода воздуха [13].

Во многом аналогичные принципы действия проявляются при использовании в различных химико-текстильных технологиях препаратов липосомной природы. Способность липосом капсулировать красители и другие реагенты позволяет создать принципиально новые подходы к развитию ТВВ. Особое значение они имеют в процессах переработки шерстяного волокна благодаря сходству химического строения липидов, образующих липосомы, с липидами природного волокна. Так, применение липосом при крашении шерстяного волокна позволяет снизить температуру процесса и добиться высокой равномерности и прочности окраски [14]. При пероксидном белении целлюлозных материалов и шерсти введение липосом в белящие составы в качестве средства, "капсулирующего" белящий реагент, позволяет более рационально расходовать перекись водорода и добиваться очень высоких показателей белизны без ухудшения прочностных характеристик отбеливаемого материала [15].

## Твердофазные процессы в химико-текстильных технологиях

Еще раньше, в 70-80-х гг. прошлого века, сотрудниками ИвНИТИ были разработаны различные варианты использования в химико-текстильных процессах реагентов, заранее механически капсулированных в оболочках из высокомолекулярных соединений природного и химического происхождения. При осуществлении того или иного процесса эти капсулы, суспендированные в воде, наносились на текстильный материал, а затем создавались условия для регулируемого выхода реагента из оболочки и взаимодействия с волокном или каким-либо другим компонентом пропиточного состава [16].

Представляет определенный интерес предложенный сотрудниками ИХР РАН вариант использования гуминовых кислот, выделенных из торфа, в качестве ТВВ при осуществлении процессов шлихтования пряжи крахмальной шлихтой, а также в процессах крашения тканей. Применение гуминовых кислот позволяет улучшить экологичность технологических процессов, сократить расход реагентов, повысить качественные показатели текстильных материалов [17].

Особая роль среди множества самых разнообразных текстильных вспомогательных веществ принадлежит различного рода загустителям и загущающим системам. Без них нельзя осуществить процесс печатания текстильных материалов. В связи с этим не случайно как в отечественной, так и в зарубежной научно-технической литературе данному вопросу отводится очень много внимания. У нас в стране наиболее интенсивно и с хорошими результатами исследования проводились в МГТУ им. А.Н. Косыгина и СПГУТД.

В лабораториях этих университетов были созданы и затем реализованы в производстве различные варианты эмульсионных и пенных загущающих систем, кроме того, предложены многочисленные препараты и композиции на базе природных и синтетических полимеров. Позднее к проведению аналогичных исследований подключились ИГХТУ, ИХР РАН, ВНИИПХВ и ИвНИТИ. Результаты этих исследований опубликованы в многочисленных статьях и монографиях [18], [19].

В химико-текстильных производствах помимо процессов, протекающих в водных или неводных системах, очень большое внимание уделяется различным вариантам высокотемпературной твердофазной фиксации красителей, предконденсатов термореактивных смол, латексов и других реагентов в текстильных материалах различной природы. Способы колорирования, основанные на проведении химических реакций непосредственно в волокне, когда в качестве рабочей среды служит не вода или какой-либо другой растворитель, а расплав некоторых веществ (чаще всего мочевины), впервые появились в середине прошлого века и до настоящего времени не только не утратили своего значения, но и успешно развиваются, приобретая все новые и новые формы. В конце 60- начале 70-х гг. обширные исследования в этой области были проведены учеными ИГХТУ и МГТУ им. А.Н. Косыгина.

Необходимость проведения таких исследований диктовалась не только стремлением разработать новые, нетрадиционные технологии крашения и печатания, но и тем, что к этому времени сырьевая база текстильной промышленности пополнилась синтетическими волокнами гидрофобной природы. Эти волокнистые материалы не набухают в воде и, следовательно, их невозможно окрасить или напечатать по обычно принятым технологиям, пригодным для гидрофильных волокон.

В процессах колорирования твердофазный, термический способ используется главным образом при применении активных, дисперсных красителей и пигментов.

При печатании по этому способу активными красителями наиболее приемлемыми зарекомендовали себя загустители альгинатной природы. Хорошие результаты обеспечивает применение различных эфиров крахмала и целлюлозы, а также некоторых типов синтетических загустителей. Перечень всех этих препаратов, способы приготовления загусток на их основе, свойства и области использования приведены в справочнике [12].

Характерная особенность печатания пигментами состоит в том, что ткань после фиксирования на ней пигментов не промывают и, следовательно, на ней остается все то, что входит в состав печатной краски. В первую очередь речь идет о загустителях, связующих веществах и смягчителях. Эти компоненты печатной краски, выполнив свою роль, не должны ухудшать ее технические показатели и, главным образом, не повышать жесткость.

В качестве загустителей при печатании пигментами чаще всего используют аммонийные соли полиакриловой кислоты или ее сополимеров. Вторым основным компонентом печатной краски является связующее вещество (биндер), который включает термопластическую и терморективную составляющие. Из числа термопластиков наиболее часто используют различные производные полиакриловых кислот, полибутадиены и полиуретаны. В качестве сшивающего реагента применяют модифицированные мочевино- или меламиноформальдегидные предконденсаты с низким содержанием формальдегида.

Обычно зарубежные фирмы производят пигментные композиции в виде готовых высокодисперсных, очень стабильных выпускных форм. При изготовлении печатной краски требуется только отмерить или отвесить нужное количество каждой из этих форм и тщательно их перемешать. В этом состоит удобство приготовления пигментных печатных красок в химико-текстильных производствах.

Многочисленные примеры использования ТВВ в качестве загустителей, связующих веществ, смягчителей и в целом пигментных выпускных форм различных фирм приведены в специальном выпуске журнала "Текстильная химия" [20].

Традиционно нагрев текстильного материала с нанесенной на него красильной или печатной композицией осуществляется контактным или конвективным способами в специальных термоаппаратах. Оба эти способа обладают существенными недостатками: низкий коэффициент полезного действия, большая инерционность, высокий градиент температурного поля в

объеме текстильного материала.

В настоящее время для проведения операции термообработки предлагается использовать ИК-нагрев. Для этой цели специалистами ИвНИТИ разработаны установки, имеющие обозначения УРТК-140 и УРТК-180 [21]. Позднее сотрудниками ИХР РАН были предложены более совершенные устройства, использующие плоские генераторы инфракрасного нагрева на основе жаростойких слюдопластов [22]. Эффективность ИК-нагрева в них превосходит традиционные способы в среднем 2...3 раза, однако при этом не всегда удается добиться требуемого эффекта завершения заданной операции вследствие недостаточного времени пребывания ткани в тепловом поле.

Другим широко распространенным в промышленности приемом теплового воздействия на текстильные материалы, пропитанные тем или иным рабочим составом или напечатанные печатной краской, является запаривание. Не случайно поэтому в 70-80-х годах коллективами ИГХТУ, ИГТА, ИвНИТИ и НИЭКМИ были проведены обширные исследования, направленные на выявление сущности теплообменных процессов, протекающих при запаривании и термообработке тканей. В результате были разработаны и внедрены в производство эффективные технологии сушки, запаривания и термообработки текстильных материалов. Среди них следует выделить высокоэффективную и малогабаритную машину предварительного запаривания – МПЗ [23], которой были оснащены практически все отделочные предприятия бывшего СССР.

### **Текстильная химия в процессах заключительной отделки**

Касаясь вопросов заключительной отделки текстильных материалов, можно утверждать, что начатые в середине 20-го века работы ученых ИГХТУ совместно с отраслевыми институтами ИвНИТИ, ЦНИХБИ, ЦНИИЛВ, коренным образом изменили качество и, в ряде случаев, ассортимент выпускаемых тканей [24]. Резко

повысилась эффективность творческих связей с ИвНИТИ, который приобрел статус головного в области текстильной химии в системе Министерства легкой промышленности СССР [25]. На базе этих исследований в НИЭКМИ были разработаны поточные отделочные линии (ЛАО-20 и 240, ЛАУ-140 и 180, ЛЗО-140 и 180), каландры и другое оборудование, которое, являясь базовым для цехов заключительной отделки, непрерывно совершенствовалось [21].

В качестве примера удачной технологической разработки, получившей широкое распространение в текстильной промышленности, можно привести создание серии несмываемых аппретов на базе модифицированных предконденсаторов термоактивных смол. Эти аппреты в различных вариантах использовались для отделки хлопчатобумажных тканей самого разнообразного ассортимента. Годовой выпуск таких тканей составлял сотни миллионов метров.

В настоящее время внимание исследователей направлено на разработку препаратов и технологий, которые обеспечивали бы минимально допустимое содержание формальдегида как в самой отделанной ткани, так и в рабочей зоне цехов заключительной отделки. Определенный успех в этой области достигнут за счет объединения усилий работников АО "Ивхимпром" и ученых ИГХТУ, ИвНИТИ, ИХР РАН. Среди наиболее известных препаратов можно назвать низкоформальдегидные карбамол МТ и МТ-2, отексид НФ, а также бесформальдегидный - отексид БФ.

Следующим шагом в их совершенствовании было создание малоформальдегидного препарата – фортекс [26], который по химическому строению представляет собой этерифицированную диметиллолдиоксипропанаминомочевину со встроенным катализатором. Отделочные композиции на основе фортекса обеспечивают придание хлопчатобумажным и вискозным штапельным тканям таких популярных видов отделок как, например, МАРС, ЛГ, МУ и ЛУ [24]. Содержание свободного формальдегида на текстильных материалах, обработанных ап-

преатами на основе фортекса, соответствует 100...120 мкг/г, что не превышает норм, установленных ГОСТом-Р50729.

Для отделки льняных тканей разработаны препараты форлен 3 и форлен М [27], [28]. Они позволяют придать льняным материалам свойства несминаемости в сухом и мокром состояниях, обеспечивают мягкий гриф и высокие потребительские свойства материала при сохранении экологических достоинств льна.

Предлагаемые ныне бесформальдегидные отделочные препараты обладают существенным недостатком – низкой реакционной способностью. Учитывая это, разработаны новые высокоэффективные каталитические системы, применение которых обеспечивает возможность придания текстильным материалам требуемых свойств высокой отделки при обычно принятых температурах термообработки (135...140°C).

Принципиально новым приемом при заключительной отделке текстильных материалов является создание в конце 90-х годов 20-го века группой ученых-химиков и медиков специальных текстильных изделий медицинского назначения. В настоящее время это направление в текстильной химии успешно развивается [29].

### **Новые источники энергии для осуществления химико-текстильных процессов**

Успех взаимодействия текстильных материалов с красителями, ТВВ и другими реагентами во многом определяется тем, какие источники энергии используются для проведения в волокне соответствующих реакций. В этом плане можно выделить три принципиально новые идеи активации системы волокно – реагент.

Первая заключается в использовании для этих целей низкотемпературной плазмы, вторая предусматривает проведение химических процессов в электромагнитных полях токов высокой (ВЧ) и сверхвысокой (СВЧ) частоты, а третья – обработку неоднородным магнитным полем жидкофазных красильно-отделочных систем.



Исследования по использованию низкотемпературной плазмы в химико-текстильных процессах были начаты в ИГХТУ и МГТУ им. А.Н. Косыгина еще в 80-х годах прошлого века. Позднее к проведению этих исследований активно подключились ИХР РАН и ИвНИТИ. Из проведенных исследований следует, что под воздействием плазмы синтетические волокна становятся более восприимчивыми к

реагентам, в том числе к красителям, а природные волокнистые материалы приобретают повышенные капиллярные свойства. В ряде случаев резко снижается способность тканей к усадке, свойлачиванию и, в несколько меньшей степени, к смятию.

Об эффективности воздействия плазмы на гидрофильные свойства текстильных материалов можно судить по ряду данных, приведенных в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Ткань	Состав*	Капиллярность* *, мм/ч	Смачиваемость* *, с
"Надежда", суровая	Хл.	0/79	600/2-3
"Надежда", подготовленная	Хл.	76/155	4/1
Миткаль, суровая	Хл.	0/115	600/1
Миткаль, подготовленная	Хл.	120/220	1-2/1
"Домино"	ТАЦ	75/105	150/4
"Скайдре"	ТАЦ+ПЭТФ	64/148	155/2

П р и м е ч а н и е. \*Хл. – хлопок; ПЭТФ – полиэтилентерефталат; ТАЦ – триацетат целлюлозы. \*\*В числителе приведены данные для контрольных образцов; в знаменателе – для образцов, активированных плазмой.

Обработка тканей в плазме благоприятно отражается на улучшении адгезионных свойств текстильных материалов. Этот эффект успешно используют при дублировании тканей в швейном производстве с целью повышения прочности клеевых соединений. Последняя возрастает в 2...6 раз, что способствует сохранению внешнего вида готовых изделий и продлевает срок их службы.

На основе выявленных в результате исследований полезных эффектов действия низкотемпературной плазмы разработаны новые технологии подготовки, крашения и заключительной отделки текстильных материалов. Для практической реализации этих технологий в НИЭКМИ созданы промышленные образцы оборудования, которое успешно функционирует на текстильных предприятиях России и за рубежом [30]. Более подробно эффективность действия низкотемпературной плазмы в химико-текстильных процессах и образцы соответствующего промышленного оборудования описаны в обзорной статье [30] и сборнике научных трудов ИвНИТИ [31].

В ИХР РАН в настоящее время разрабатываются новые плазменно-растворные технологии обработки текстильных мате-

риалов. Они не требуют создания вакуума в рабочей среде и за счет целенаправленного подбора компонентов раствора обеспечивают избирательное воздействие на те или иные искусственно нанесенные примеси и естественные спутники целлюлозы. Авторы разработки считают, что этот вариант воздействия плазмы на текстильные материалы может быть реализован на действующем оборудовании при условии его существенной модернизации [32].

Теоретические и экспериментальные исследования, направленные на всестороннее обоснование целесообразности использования ВЧ и СВЧ-полей для создания "шоковых" технологий обработки текстильных материалов, проводились в ИГХТУ с конца 80-х годов.

В результате их выполнения показано, что при обработке в поле токов высокой частоты влажных целлюлозных материалов перестройка структуры волокна, повышающая восприимчивость материала к красителям, предконденсатам термореактивных смол и другим реагентам, проходит в 100 раз быстрее, чем при обычном запаривании, что, в свою очередь, в 100...150 раз увеличивает скорость проникновения этих веществ в волокно.

На основании выявленных закономерностей разработаны новые интенсифицированные процессы крашения и заключительной отделки хлопчатобумажных тканей красителями различных классов и предконденсатами термореактивных смол различного назначения. Характерной особенностью этих технологий является то, что при использовании токов высокой частоты сокращается технологический цикл за счет совмещения операций предварительной сушки и фиксации красителей или препаратов для заключительной отделки, а также за счет уменьшения времени высокотемпературной обработки материала со 180 до 4...12 секунд [33], [34].

Большой цикл исследований в области целенаправленного изменения физико-химического состояния и реакционной способности растворов и расплавов красителей и отделочных препаратов выполнен в ИХР РАН, ИГХТУ и ИвНИТИ в 1980-1990-х гг. На их основе разработан магнитно-химический метод регулирования состояния растворов и расплавов, который реализован при создании новых текстильных вспомогательных препаратов, технологий крашения и отделки тканей из целлюлозных и полиэфирных волокон. Сконструированы опытные образцы оборудования для непрерывной обработки тканей с воздействием неоднородных магнитных полей на стадиях пропитки, сушки и термообработки полотна, которые внедрены на ряде предприятий [35], [36].

Использование предлагаемых композиций, технологий и оборудования обеспечивает снижение на 10...30 % удельного расхода химических материалов и в 1,3...1,5 раза – энергоемкости процессов. Например, при термомагнитной обработке с применением комбинированного воздействия ИК-излучения и магнитного поля оптимальная температура фиксации отделочных препаратов снижается на 40...60°C. Наряду с экономической эффективностью необходимо отметить комплексное улучшение потребительских свойств готовой продукции благодаря уникальным эффектам инициирования изменений в системе "волокнистый материал – или расплав тек-

стильных вспомогательных веществ и красителей".

Комплексная работа ИХР РАН, ИГХТУ, ИвНИТИ и нескольких других организаций по обоснованию, разработке и промышленному освоению интенсифицированных и более экологически безопасных процессов химико-текстильного производства, основанных на применении новых источников энергии (низкотемпературная плазма, магнитные поля, кратковременное предварительное запаривание текстильного материала в ходе его пропитки, ИК-излучение, механическое модифицирование крахмала) [37] отмечена премией Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 1999 год.

### Биохимические технологии в химико-текстильных процессах

На современном этапе развития химико-текстильных производств при решении многих проблем совершенствования существующих и создания новых технологий отделки текстильных материалов особая роль отводится биохимическим приемам обработки. Это и направленная очистка волокон от естественных спутников и примесей, мягчение, модифицирование и полировка их поверхности, усиление эффектов отбеливания, промывка и многие другие приемы резкого повышения скоростей процессов, добротности и качества готовой продукции. Если к сказанному добавить, что биохимические, технологии позволяют сделать производство более экологически чистым и экономичным, то значимость таких технологий становится еще более весомой.

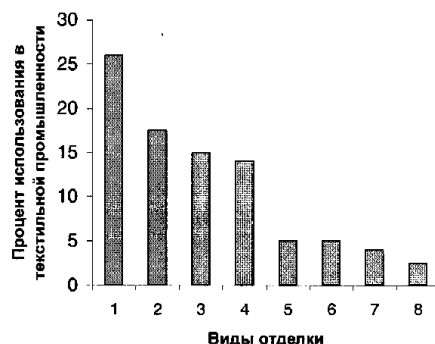


Рис. 1

Широту спектра использования биохимических технологий в текстильной промышленности (обобщенные данные для текстильных производств стран Европы) можно иллюстрировать данными, представленными на рис. 1, где 1 – мягчение; 2 – расшлихтовка; 3 – беление; 4 – глянцева-ние; 5 – биоминерализация; 6 – противо-усадочная отделка; 7 – биолощение; 8 – карбонизация.

Из представленных результатов четко следует, что за рубежом биохимические приемы воздействия на текстильные материалы применяют не только для совершенствования ныне существующих технологий в химико-текстильных производствах, но и для придания готовым текстильным изделиям новых свойств.

В текстильной промышленности России биотехнологии наиболее часто применяют при расшлихтовке тканей. Для этой цели используют различные ферментативные препараты отечественного и зарубежного производства на базе амилаз [38].

В настоящее время ведется интенсивный поиск новых приемов использования биопрепаратов при построении химико-текстильных технологий. В частности, для усиления эффекта воздействия амилаз их комбинируют с малопенящимися ТВВ и специальными стабилизаторами, которые не только предотвращают разрушение биопрепарата, но и существенно ускоряют и улучшают очистку текстильного материала от примесей на стадии их отбеливания перекисью водорода. В качестве примера такой композиции можно назвать

препарат биотекс ПН, который хорошо зарекомендовал себя при расшлихтовке и перекисном белении вязкозных штапельных, легких хлопчатобумажных, хлопкополиэфирных и хлопкосиблоновых тканей [39].

Особый интерес полиферментные составы представляют для подготовки льняных материалов. Из-за высокого содержания сопутствующих примесей и особенностей морфологического строения технического льняного волокна ныне существующие процессы подготовки таких материалов являются многостадийными и очень длительными. Переход на технологии, включающие биообработку, позволяет сократить длительность процесса подготовки льняных материалов за счет исключения стадии щелочной отварки и достичь при этом высоких показателей освобождения материала от примесей.

Например, по данным исследования [38] использование препарата, содержащего в качестве активных компонентов пектиназу и целлюлазу, позволяет довести остаточное содержание примесей в волокне до 9,9% против 9,1% при щелочной отварке. При последующем перекисном белении эти показатели снижаются соответственно до 4,0 и 4,3%, то есть в целом процесс, включающий биообработку, становится более эффективным по сравнению с традиционной технологией, основу которой составляет щелочная отварка.

Широкие возможности применения ферментных композиций при построении технологий подготовки льняных материалов наглядно иллюстрируются данными табл. 5 [38].

Таблица 5

Отходы льнопроизводства		Ровница		Ткань	
прядомый котонин	льняная вата	ровница для мокрого прядения	расшлихтовка	мягчение	промывка
пектиназы, эмульгатор, мягчитель	целлюлозы, пектиназы, неионогенный ПАВ	пектиназы, гемицеллюлозы, целлюлазы, неионогенный ПАВ	амилазы, неионогенный ПАВ	амилазы, пектиназы или амилазы, целлюлазы	амилазы, целлюлазы, неионогенные (анионоактивные) ПАВ

Для всех приведенных в табл. 5 объек-

тов воздействия биопрепаратов, установле-

ны оптимальные условия их применения, проведены широкие производственные испытания разработанных технологий, получены опытные партии тканей и полуфабрикатов в виде котонина, ваты, ровницы.

В целях иллюстрации эффективности использования биохимических технологий при подготовке льняных материалов в табл. 6 приведены результаты, полученные

в производственных условиях на ряде льно-содержащих тканей. Эти данные подтверждают полезность использования биохимических технологий не только с позиций достижения более высоких показателей подготовки в сравнении с ходовой технологией, но и для придания тканям мягкого грифа без дополнительных обработок.

Т а б л и ц а 6

Режим	Степень расшлихтовки, %	Капиллярность, мм	Белизна, %	Жесткость, ед
Льняная жаккардовая, скатертная (Гаврилов-Ям, линия ЛЖО)				
Ходовой*	50	45	82,0	13,7
Предлагаемый* *	85	70	83,4	12,5
Льняная костюмная (Гаврилов-Ям, аппарат ВК-3)				
Ходовой	30	40	88,5	20,5
Предлагаемый	75	65	89,4	18,4
Льняная простынная (Кострома, линия Беннингер)				
Ходовой	28	45	86,6	17,4
Предлагаемый	65	75	86,8	17,4
Популярная простынная (Кострома, линия Беннингер)				
Ходовой	35	105	86,3	14,4
Предлагаемый	50	120	87,1	10,8
Котонинсодержащая бязь (АО Меланж, Иваново, линия Вакаяма)				
Предлагаемый	65	80	83,5	-

П р и м е ч а н и е. \* – расшлихтовка щавелевой кислотой; \* \* – ферментативная расшлихтовка биотексом.

В современных условиях биохимическая подготовка льняных материалов приобретает особую важность, так как она позволяет организовать технологический процесс на всех его стадиях на бесхлорной основе, что чрезвычайно актуально с позиций техники безопасности и охраны окружающей среды.

Для иллюстрации можно привести одну из разработанных в ИГХТУ схем построения технологии бесхлорного беления, которая включает следующие операции:

– расшлихтовка раствором щавелевой кислоты 3...5 г/л при температуре 50...60°C в течение 30...60 мин;

– беление перекисью водорода при температуре 85...95°C в течение 30...60 мин;

– обработка раствором препарата биофлекс при температуре 50...60°C, рН = 7–8, в течение 30...60 мин;

– повторное беление перекисью водорода при температуре 85...95°C в течение 30...60 мин;

– кислдование, промывка.

Производственные испытания бесхлорной технологии беления подтвердили ее высокую эффективность; длительность подготовки сокращается с 7...8 часов, снижаются потери прочности, ткань приобретает повышенную мягкость и белизну.

У нас в стране исследования в области расширения сфер использования биохимических приемов воздействия на текстильный материал активно развиваются практически во всех вузах химического и текстильного профиля, а также в специализированных лабораториях ряда отраслевых и академических НИИ. Результаты исследований приведены в ряде обзоров, опубликованных, в частности, в специальном выпуске журнала "Текстильная химия" № 3 за 2003 год.

Характерной особенностью описанных в настоящей статье исследований является то, что подавляющее большинство их заканчивается не только разработкой новых технологий, но и созданием промышлен-

ного оборудования, которое до сих пор успешно используется в производстве. Во многом это обусловлено тем, что в 80-е годы прошлого века был организован учебно-научно-производственный комплекс, который включал ИГХТУ, ИвНИТИ, ИХР РАН, НИЭКМИ, ИГТА, хлопчатобумажный комбинат им. Ф.Н. Самойлова (ныне АО Самтекс) и некоторые другие предприятия и организации.

В рамках этого комплекса осуществлялось согласование исследований и конструкторских разработок не только непосредственных участников, но и заинтересованных сторонних организаций. Эффективность функционирования комплекса регулярно контролировалась и обсуждалась на научно-технических советах Комитета по науке и технике СССР.

Теоретические аспекты химической технологии волокнистых материалов постоянно находили свое отражение в работах текстильно-химических школ ИГХТУ, МГТУ им. А.Н. Косыгина, СПГУТД, РосЗИТЛП, ИХР РАН. В этих работах широко представлены самые разнообразные точки зрения по вопросам взаимодействия красителей с волокнистыми материалами природного и химического происхождения, о взаимосвязи строения и свойств красителей, о состоянии их в растворе и в волокне.

Следует особо отметить приоритетность работ, направленных на установление кинетических и термодинамических закономерностей процессов крашения и на выявление взаимосвязи между сорбционными и диффузионными явлениями при переходе красителя из красильной ванны или печатной краски в волокно. Они были начаты в ИГХТУ в 50-60-х гг. 20-го века и послужили основой для создания различных вариантов новых способов крашения под обобщающим названием сольватационных [40], [41].

Несколько позднее эти исследования были развиты в направлении теоретического обоснования различных вариантов процессов промывки текстильных материалов с использованием органических растворителей, а также их водных эмульсий [42], [43].

В работах ИГХТУ, МГТУ им. А.Н. Косыгина, НИОПиК были предложены новые математические и физические модели кинетики крашения с применением методов термодинамики неравновесных процессов, рассмотрен механизм массопереноса красителей в элементарных волокнах.

Вследствие значимости активных красителей для химико-текстильного производства анализу их свойств и различных аспектов взаимодействия с волокном посвящено много теоретических исследований. Так, была предложена обобщенная модель процесса крашения, учитывающая внутреннюю диффузию, внешнедиффузионное сопротивление перехода красителя к поверхности волокна и гидролиз его в ванне [44].

Кроме того, сделаны важные теоретические обобщения в области крашения текстильных материалов в паковках, предложены математические модели, учитывающие закономерности увлажнения и удаления воздуха из ткани при ее запаривании [23].

В настоящей статье отражены наиболее важные публикации по научным и практическим разработкам вузов, НИИ, конструкторских и других организаций за 50-летний период существования журнала. В ряде случаев выделены те перспективные направления, которые могут быть реализованы в ближайшие годы, а также сформулированы проблемы, на разработке которых должно быть сосредоточено внимание ученых вузов и научных работников НИИ.

В заключение следует подчеркнуть, что сейчас, в начале 21 века, необходимо найти новые формы функционирования упоминавшегося выше учебно-научно-производственного комплекса, существовавшего в доперестроечный период времени. Без такого объединения усилий специалистов разного профиля чрезвычайно сложно будет выполнить и воплотить в жизнь крупные разработки, способные существенно повысить конкурентоспособность отечественного текстильного производства – это внедрение новых видов волокнистого сырья (в том числе из полимономерной кислоты, отходов льнопереработ-

ки, хитозана и др.), экологически безопасных красителей и вспомогательных препаратов (например, полученных по микробиологическим технологиям), создание "умных" текстильных материалов и изделий медицинского, бытового и специального назначения. К этому следует добавить насущную необходимость активации и широкого применения информационных и нанотехнологий в научных исследованиях, при разработке новых химико-текстильных процессов, создании перспективного ассортимента текстильных материалов и современных моделей одежды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Б.Н., Кириллова М.Н., Морыганов А.П. Современное состояние и перспективы развития технологий крашения текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.
2. Завадский А.Е. Обоснование и разработка эффективных способов повышения качества хлопчатобумажных материалов на основе целенаправленной модификации структуры целлюлозы: Дис....докт. техн. наук. – Иваново: ИГХТУ, 2002.
3. Мельников Б.Н., Морыганов А.П., Калинин Ю.А. Теория и практика высокоскоростной фиксации красителей на текстильных материалах. – М.: Легпромбытиздат, 1987.
4. Мельников Б.Н. и др. Прогресс текстильной химии. – М.: Легпромбытиздат, 1988.
5. Кузнецов В.Б. Научные основы совершенствования технологических процессов промывки и художественно-колористического оформления тканей: Дис....докт. техн. наук. – Иваново: ИГХТУ, 2004.
6. Мельников Б.Н. и др. Прогресс техники и технологии печатания тканей. – М.: Легкая индустрия, 1980.
7. Мельников Б.Н. // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева. Современные проблемы текстильной химии. – 2002, № 1. С.9...19.
8. Мельников Б.Н., Лебедева В.И., Губина С.М. Текстильная промышленность в СССР. – М.: Экспресс-инф. ЦНИИТЭИлегпром, 1982, вып. 17.
9. Ковальчук Л.С. и др. // В сб.: Химия и технология крашения синтеза красителей и полимерных материалов. – Иваново, 1979. С.46...50.
10. Надь // Сб. докл. XII Междунар. конгр. колористов. – Дрезден, 1979. С. 20.
11. Лебедева В.И. // В сб.: Совершенствование процессов крашения и методов синтеза красителей. – Иваново. 1983. С.94...96.
12. Отделка хлопчатобумажных тканей: справочник/Под ред. Б.Н. Мельникова. – Иваново: Изд-во "Галка", 2003.
13. Быстрицкий Г.И., Смирнова О.К. // Текстильная химия. – 2003, № 1. С.36...40.
14. Зарубина Н.П., Телегин Ф.Ю. Журнал РХТУ им. Д.И. Менделеева. – 2003. Т. XVII, №3. С.56...60.
15. Шевелева И.А. и др. Текстильная химия. – 2004, № 1. С. 96...100.
16. Железнов К.Н., Савинов В.С., Красильникова Т.Н. // Текстильная промышленность. – 1990, № 7. С. 64...65.
17. Вашурина И.Ю., Погорелова А.С., Калинин Ю.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №3. С.63...67.
18. Сенахов А.В., Коваль В.В., Садов Ф.И. Загустки, их теория и применение. – М.: Легкая индустрия, 1972.
19. Киселев А.М. Основы пенной технологии отделки текстильных материалов. – Санкт-Петербург: СПГУТД, 2003.
20. Азстер Х. // Текстильная химия. Спец. выпуск. – 1996, № 1. С.11...27.
21. Отделка хлопчатобумажных тканей: Справочник. Т.2 / Под ред. Егорова Н.В. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
22. Попов П.И. и др. // Сб. научн. тр. ИХР РАН. – Иваново, 2001. С.301...308.
23. Герасимов М.Н., Мельников Б.Н., Телегин Ф.Ю. Применение паровой обработки для интенсификации процессов текстильного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1993.
24. Мельников Б.Н., Захарова Т.Д. Современные способы заключительной отделки тканей из целлюлозных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1975.
25. Осминин Е.А. и др. // Текстильная промышленность в СССР // Экспресс-инф. – М.: ЦНИИТЭИлегпром. 1979, вып. 18.
26. Одинцова О.И. и др. // Текстильная химия. – 2004, № 1(24). С. 91...96.
27. Леонова Н.А., Мельников Б.Н., Смирнова О.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 1. С.61...63.
28. Леонова Н.А. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 2. С.61...64.
29. Олтаржевская Н.Д. и др. // Текстильная химия. Спец. выпуск. – 2003, № 1. С.53...58.
30. Горберг Б.Л. // Текстильная химия. Спец. выпуск. – 2003, № 1. С.59...68.
31. Циркина А.П. и др. // Сб. научн. тр. ИВНИТИ. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1990. С.88...93.
32. Кутепов А.М., Захаров А.Г., Максимов А.И. // Наука в России. – 1998, № 5(107). С.11..14.
33. Никифоров А.Л. Использование энергии электромагнитных колебаний для интенсификации химико-текстильных процессов и создания на их основе энерго- и ресурсосберегающих технологий: Дис....докт. техн. наук. – Иваново: ИГХТУ, 2004.
34. Побединский В.С. Активирование процессов отделки текстильных материалов энергией электромагнитных волн, ВЧ, СВЧ и УФ-диапазонов. – Иваново: ИХР РАН, 2000.
35. Кокшаров С.А. и др. Экспресс-инф. – М:

ЦНИИТЭИлегпром, 1989, № 6.

36. Кокиаров С.А. // Сб. научн. тр. ИХР РАН. – 2001. С.272...291.

37. Кутепов А.М., Морыганов А.П., Захаров А.Г. // Наука в России. – 2000, № 5(119). С.38...41.

38. Чешкова А.В., Мельников Б.Н. // Текстильная химия. Спец. выпуск. – 2000, №2(18). С.117...123.

39. Мельников Б.Н., Чешкова А.В., Лебедева В.И. // Текстильная химия. – 1998, №1. С.75...81.

40. Мельников Б.Н., Морыганов П.В. Теория и практика интенсификации процессов крашения. – М.: Легкая индустрия, 1969.

41. Телегин Ф.Ю. и др. // Изв. вузов. Химия и

химическая технология. – 1987. Т. 30. Вып. 6. С.87...91; 92...96.

42. Телегин Ф.Ю. и др. // Журнал физической химии. – 1986. Т.60. № 8. С.2039...2042.

43. Мельников Б.Н., Блиничева И.Б. Теоретические основы технологии крашения волокнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1978.

44. Телегин Ф.Ю. Сорбция красителей природными и синтетическими полимерами: Дис....докт. хим. наук. – Иваново: ИГХТУ, 1998.

Поступила 01.10.07.

---