

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, КАЧЕСТВО И  
СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ ЛЁГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 677.01

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ  
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

канд.техн.наук, доц. Панкевич Д.К.,  
канд.техн.наук, доц. Шеверина Л.Н., магист. Ивашко Е.И.  
(Витебский государственный технологический университет)  
e-mail: ivashkokatrinka@mail.ru

**В статье выполнен сопоставительный анализ показателей токсичности, устойчивости окраски к стирке, содержания свободного формальдегида в текстильных материалах и состава сырья. Выявлены косвенные признаки токсичности текстильных материалов, позволяющие повысить уровень доверия к результатам исследования индекса токсичности методом биотестирования.**

**Ключевые слова:** текстильные материалы, индекс токсичности, количество свободного формальдегида, устойчивость окраски, состав сырья.

Обеспечение биологической и химической безопасности современной одежды является одной из актуальных задач. Создавая пододежный микроклимат, одежда существенно снижает теплопотери организма, способствует сохранению постоянства температуры тела, облегчает терморегуляторную функцию кожи, обеспечивает процессы газообмена через кожные покровы. Однако готовый текстильный материал несет на себе текстильные вспомогательные вещества, например, аппреты и красители, которые проявляют токсичность по отношению к человеку [1]. Актуальность этой проблемы подчеркивают в своих работах Г. Е. Кричевский, В.А. Епишкина, А. М. Киселев, Д. А. Андреев и многие другие ученые.

Токсичность текстильного материала, одежды – это свойство текстильного материала, одежды оказывать потенциально опасное (вредное) действие на организм пользователя

[2]. Показателем токсичности является индекс токсичности: величина, характеризующая степень цитотоксического действия. Определение индекса токсичности выполняется различными способами, основанными на изучении в контролируемых лабораторных условиях влияния материала на живые организмы. В настоящее время на территории Республики Беларусь насчитывается около двух десятков аккредитованных испытательных лабораторий, занимающихся определением показателя «индекс токсичности».

Согласно ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности»: индекс токсичности – интегральный показатель общей острой токсичности, определяемый «in vitro» (в пробирке) на культуре клеток. Индекс токсичности определяется для материалов изделий, контактирующих с кожей человека, одежды первого и второго слоев, обуви домашней, летней и пляжной, а также внутренних слоев в иных видах обуви [3].

**Панкевич Д.К., Шеверина Л.Н., Ивашко Е.И.**  
**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ**  
**ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В основе стандартного метода определения индекса токсичности лежит исследование зависимости двигательной активности сперматозоидов быка от времени под воздействием химических соединений, содержащихся в вытяжке из исследуемых образцов. Определение степени токсичности осуществляется путем сравнения величины выбранного тест-параметра опытного образца (раствора) и величины аналогичного тест-параметра контрольного образца (раствора). В стандарте [2] в качестве тест-параметра выбрано средневзвешенное время подвижности суспензии сперматозоидов. Мерой токсичности опытного образца является значение индекса токсичности  $It$ , рассчитанное по формуле (1):

$$It = \frac{t_{cp}^o}{t_{cp}^k} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $t_{cp}^o$  и  $t_{cp}^k$  – средневзвешенные значения времени подвижности суспензии сперматозоидов в опытных и контрольных капиллярах с растворами, соответственно, сек.

В большинстве методик для величины индекса токсичности введен нормативный интервал  $70\% \leq It \leq 120\%$ , принадлежность к которому позволяет считать испытанную продукцию нетоксичной. Границы нормативного интервала установлены на основе анализа результатов параллельных испытаний на животных и на сперме быка, которые позволили найти диапазон индексов токсичности, где токсическое действие при испытаниях на животных не обнаруживается. Нормативный интервал установлен с учетом допуска на неопределенность. Величины допуска на нижний и верхний пределы таковы, что при стандартной неопределенности величины  $It$  (10%) уровень достоверности принадлежности результата диапазону индексов токсичности, где токсическое

действие при испытаниях на животных не обнаруживается, составляет не менее 95% [4].

Целью работы является анализ результатов исследования токсичности текстильных материалов для выявления факторов, влияющих на способность текстильных материалов оказывать потенциально опасное действие на организм пользователя, и определения косвенных признаков этого свойства. Согласно анализу литературных источников, все многообразие химических веществ, используемых в промышленности для изготовления текстиля и способных повлиять на токсичность материалов, можно объединить в группы в зависимости от этапа производства, на котором они применяются. К первой группе относятся вещества, с помощью которых получают волокна [1]. Ко второй группе относят красители, текстильно-вспомогательные вещества, аппреты, основным компонентом которых является формальдегид, обладающий общетоксическим, раздражающим, аллергенным, канцерогенным действиями [5]. Кроме перечисленных веществ, токсическое действие на организм человека могут оказывать антимикробные и противогрибковые препараты, которыми обрабатывают текстильные материалы для предотвращения развития плесени и бактерий при их длительном хранении и транспортировании [6].

Действуя по отдельности или в совокупности, указанные факторы являются причиной невозможности использования текстильного материала для изготовления изделий легкой промышленности, контактирующих с кожей человека.

Анализ литературных источников по вопросу влияния волокнистого состава материала на уровень токсичности показал, что однозначного от-

вета нет. Так, исследователи Л. В. Морилова, М. А. Трапезникова и др. в источнике [5], утверждают, что содержание синтетических волокон должно быть минимальным для гарантии безопасности материала по показателю токсичности. По данным [5], даже вложение 5% полиуретанового волокна повышает токсичность материала. Тем не менее, результаты масштабного исследования токсичности текстильных материалов, приведенные Д. А. Андреевым в источнике [7], опровергают это положение. По результатам исследований ученых-материаловедов и гигиенистов в бельевых материалах из смеси хлопка с полиамидными волокнами содержание хлопка должно быть не менее 50 %, в смеси хлопка с полиэфирными волокнами – не менее 60 %, в смеси хлопка с полиакрилонитрильными волокнами – не менее 90 %. В смеси вискозных волокон с поливинилхлоридными допустимо содержание не менее 95 % вискозных волокон [8].

«В производстве текстиля, в его химико-технологической части используется несколько тысяч индивидуальных по химическому составу марок красителей различных классов и групп, сотни текстильно-вспомогательных веществ (моющие, смачивающие средства, эмульгаторы, диспергаторы, апретты и др.) органической и неорганической природы, в мономерной или полимерной форме» [9]. Влияние на показатель токсичности материалов текстильно-вспомогательных веществ по данным обзора источников [1, 9, 10] доказано. Установлено, что содержание формальдегида в изделиях на уровне 20 мкг/г не оказывает токсического воздействия на живой организм [10]. Логично предположить, что показатель содержания свободного формальдегида свыше указанного значения, также определяемый согласно

ТР ТС 017/2011 для многих изделий легкой промышленности, мог бы стать маркером, поводом для настороженности исследователя при определении индекса токсичности текстильного материала.

Токсичность красителей – данность [1], однако при исследовании влияния красителя на живую клетку, вероятно, важным является его растворимость. Поскольку наличие в молекуле красителя сульфо-, карбоксильных групп, придающих красителям растворимость, приводит к снижению показателя устойчивости окраски к стирке [11], для реализации темы работы этот показатель при значении ниже 3 баллов также выбран в качестве возможного признака токсичности.

По данным источников [6, 12] установлена зависимость цитотоксичности текстильных материалов от концентрации антимикробных препаратов, используемых для обработки изделий легкой промышленности перед длительным хранением и транспортировкой. Поскольку данные о такой обработке крайне редко указываются в документации на материалы, одним из возможных факторов, повышающих настороженность исследователя токсичности, можно рассматривать информацию о стране-импортере материала. Так, в источнике [12] автономная некоммерческая организация «Российская система качества» сообщает о токсичности текстильных изделий, импортированных из Индонезии, Китая, Камбоджи и Вьетнама (регион Юго-Восточной Азии).

Таким образом, в результате анализа литературных источников для реализации темы работы в качестве возможных опосредованных признаков токсичности текстильных материалов выбраны следующие: содержание синтетических волокон свыше 10%, содержание свободного формальдегида

**Панкевич Д.К., Шеверина Л.Н., Ивашко Е.И.**  
**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ**  
**ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

свыше 20 мкг/г, устойчивость окраски к стирке ниже 3 баллов, страна-импортер (страна-производитель) из Юго-Восточной Азии.

Были исследованы образцы текстильных материалов, характеристика которых представлена в таблице 1.

**Таблица 1. Характеристика объектов исследования**

Но- мер об- разца	Наименование исследуемого материала, артикул	Цвет	Поверх- ностная плот- ность, г/м <sup>2</sup>	Сырьевой со- став, %
1	Трикотажное полотно, арт. Gloria	чёрный	147	63% вискоза 32% полиэфир 5% полиуретан
2	Трикотажное полотно, арт. Melisa 110	бежевый	112	95% полиэфир 5% полиуретан
3	Трикотажное полотно, арт. 73145	шампань	156	93% хлопок 7% полиуретан
4	Трикотажное полотно, арт. 82300	бежевый	157	76% полиамид 24% полиуретан
5	Трикотажное полотно, арт. 56950R	серо-го- лубой	153	100% полиэфир
6	Трикотажное полотно, арт. 12930	бордо	180	78% полиамид 22% полиуретан
7	Трикотажное полотно, арт. 82410	темно-си- ний	120	77% полиамид 23% полиуретан
8	Трикотажное полотно, арт. Pisces	чёрный	125	77% полиамид 23% полиуретан
9	Трикотажное полотно, арт. T170	чёрный	167	80% хлопок 20% полиэфир
10	Трикотажное полотно, арт. ТрТк220СРВ	чёрный	218	65% хлопок 35% полиэфир
11	Трикотажное полотно, арт. Тп-175	синий	176	100% полиэфир
12	Трикотажное полотно, арт. 0984	светло зе- лёный	156	50 % хлопок 50% полиэфир
13	Трикотажное полотно, арт. 07843	серый	185	95 % хлопок 5 % полиуретан
14	Трикотажное полотно, арт. 5962	голубой	175	80 % хлопок 20% полиэфир
15	Трикотажное полотно, арт. 6006	светло ро- зовый	190	100 % хлопок
16	Трикотажное полотно, арт. 7456	бежевый	176	76 % хлопок 20% полиэфир 4 % полиуретан
17	Трикотажное полотно, арт. 4008	кремовый	195	100% хлопок

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, КАЧЕСТВО И  
СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ ЛЁГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

18	Трикотажное полотно, арт. 3298	серый	200	100% хлопок
19	Трикотажное полотно, арт. 6973	молочный	220	100% хлопок
20	Трикотажное полотно, арт. 0005	кремовый	187	100% хлопок
21	Трикотажное полотно, арт. 119/6	голубой	163	95% вискоза 5 % полиуретан
22	Трикотажное полотно, арт. 2399	серый	185	97 % хлопок 3 % полиуретан
23	Трикотажное полотно, арт. 0115	бежевый	164	60 % хлопок 37% полиэфир 3 % полиуретан
24	Трикотажное полотно, арт. 6505	серый	175	80 % хлопок 20% полиэфир
25	Трикотажное полотно, арт. XSK	бордовый	145	100% полиэфир
26	Ткань, арт. 5с034	камуфляж	187	80 % хлопок 20% полиэфир
27	Трикотажное полотно, арт. 111/4	бежевый	230	58 % хлопок 38% полиэфир 4 % полиуретан
28	Трикотажное полотно, арт. 2398	молочный	185	96% хлопок 4% полиуретан
29	Трикотажное полотно, арт. 6487	молочный	250	96% хлопок 4% полиуретан
30	Трикотажное полотно, арт. 9954	салатовый	280	85% хлопок 15% полиэфир
31	Трикотажное полотно, арт. 836/4	серый меланж	280	67% хлопок 33% полиэфир
32	Ткань, арт. 193157	клетка красно-чёрная	135	100% хлопок
33	Ткань, арт. 193095	голубой	165	55% хлопок 45% полиэфир
34	Трикотажное полотно, арт. 10с21	чёрный	143	78 % хлопок 20 % полиамид 2% полиуретан
35	Ткань, арт.0821	синий	180	95 % полиэфир 5% полиуретан

Для подтверждения или опровержения связи между предполагаемыми признаками, описанными выше, были проведены испытания по определению показателей качества: «индекс токсич-

ности», «устойчивость окраски к воздействию стирки», «количество свободного формальдегида». Страна-производитель устанавливалась по информации продавца материала.

**Панкевич Д.К., Шеверина Л.Н., Ивашко Е.И.**  
**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ**  
**ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Результаты испытаний приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Результаты исследований**

Номер образца	It, %	Состав, %					Устойчивость окраски к стирке, баллы	Содержание свободного формальдегида, мкг/г	Страна-производитель
		Хло-пок	ПЭ	ПУ	ПА	Вискоза			
1	84,1		32	5		63	4	0	Польша
2	61,5		95	5			5	0	Турция
3	78,3	93		7			5	0	Узбекистан
4	70,8			24	76		5	1	Таиланд
5	44,3		100				5	1	Тайвань
6	76,3			22	78		4	1	Таиланд
7	57,5			23	77		2	1	Таиланд
8	54,9			23	77		2	3	Турция
9	98,7	80	20				4	0	Беларусь
10	115,8	65	35				4	0	Беларусь
11	60,8		100				4	36	Беларусь
12	70,2	50	50				4	10	Турция
13	91,1	95		5			5	0	Турция
14	87,6	80	20				4	2	Турция
15	95,8	100					4	0	Турция
16	70,9	76	20	4			5	3	Турция
17	102,3	100					5	0	Турция
18	108,9	100					5	0	Турция
19	108,9	100					5	0	Турция
20	80,1	100					5	0	Турция
21	99,0			5		95	4	5	Турция
22	82,1	97		3			5	0	Турция
23	89,5	60	37	3			5	2	Турция
24	93,3	80	20				5	1	Китай
25	62,8		100				4	0	Россия
26	85,6	80	20				4	0	Беларусь
27	79,8	58	38	4			5	0	Турция
28	83,1	96		4			5	0	Турция
29	86,0	96		4			5	0	Турция
30	82,5	85	15				4	0	Турция
31	82,7	67	33				4	0	Турция
32	91,3	100					4	0	Индия
33	85,7	55	45				5	0	Индия
34	72,1	78		2	20		4	13	Беларусь
35	69,8		95	5			4	24	Китай

Для исследования были отобраны 35 образцов текстильных материалов, производства фирм Польши,

Турции, Узбекистана, Таиланда, Тайвани, Китая, Индии, России и Беларуси. Исследуемые образцы широко

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, КАЧЕСТВО И СЕРТИФИКАЦИЯ ПРОДУКЦИИ ЛЁГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

применяются в производстве изделий первого и второго слоя, а также для внутренних слоёв обуви.

Анализируя данные таблицы 2, можно сказать, что 28 образцов из 35 испытуемых имели значение индекса токсичности, соответствующее требованиям ТР ТС 017/2011. Основная доля сырья в этих образцах - натуральные волокна. Образцы 15, 17, 18, 19, 20, 32 изготовлены из 100 % хлопчатобумажной пряжи. Также положительный результат показали образцы 1 и 21, содержащие преимущественно искусственные вискозные волокна.

Семь образцов получили неудовлетворительный результат по показателю индекс токсичности, они полностью состояли из синтетических волокон. Образцы 2, 5, 11, 25 и 35 содержали от 95% до 100% полиэфирных волокон. В образцах 7 и 8 в размере 23 % присутствовали полиуретановые волокна.

На основании анализа волокнистого состава исследуемых образцов можно сделать вывод о том, что наличие в составе текстильного материала высокого процентного содержания синтетических волокон значительно повышает риск получить значение индекса токсичности, не соответствующее норме, регламентированной ТР ТС 017/2011.

Помимо сырьевого состава текстильных материалов, признаком токсичности, на который мы хотели обратить внимание, предположительно является показатель «количество свободного формальдегида» со значениями выше 20 мкг/г. Таких образцов оказалось всего два, поэтому для достоверного заключения, как влияет показатель «количество свободного формальдегида» на токсичность текстильных материалов, по нашему мнению, не хватает исследуемых образцов с вы-

соким значением количества формальдегида. По результатам проведенных испытаний нельзя исключить, что содержание в текстильном материале свободного формальдегида в количестве более 20 мкг/г косвенно указывает на его токсичность, поскольку оба указанных образца оказались токсичными.

По показателю «устойчивость окраски к воздействиям стирки» отклонения от нормы наблюдались всего у двух образцов. Они также получили не соответствующие норме значения индекса токсичности. Следует отметить, что из всех исследуемых образцов только эти два имели значение устойчивости окраски к воздействию стирки ниже 3 баллов. Таким образом, данный признак также нельзя отбросить, он нуждается в дальнейшем исследовании для выявления взаимосвязи его с индексом токсичности.

Что касается страны-производителя, здесь не наблюдалось связи. Некачественные образцы текстильных материалов были изготовлены как в Тайване, Таиланде, Китае, Турции так и в России, Беларуси.

В результате проведенных исследований выявлено, что характерным для текстильных материалов является взаимосвязь волокнистого состава и индекса токсичности: выявлено, что содержание большого количества синтетических волокон в большинстве случаев указывает на токсичность материала. Вероятно, что содержание в текстильном материале свободного формальдегида в количестве более 20 мкг/г и низкая устойчивость окраски к воздействию стирки являются косвенными признаками токсичности материала. Нельзя утверждать, что по информации о стране-производителе можно сделать предварительный вывод о возможной токсичности материала.

**Панкевич Д.К., Шеверина Л.Н., Ивашко Е.И.**  
**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ**  
**ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Список литературы

1. **Кричевский Г.Е.** Химическая технология текстильных материалов [Текст]. В 3-х томах. Том 3. Заключительная отделка текстильных материалов/ Герман Кричевский. – М.: РосЗИТЛП, 2001 - 298 с.
2. ТР ТС 017/2011. О безопасности продукции легкой промышленности
3. ГОСТ 32075-2013. Материалы текстильные. Метод определения токсичности [Текст]. - Введ. 2015-09-01. – М.: Стандартиформ, 2015. - 6 с. Принят 09.12.2011, Вступ. в силу 01.07.2012, Минск, Экономэнерго, 2012, 44с.
4. Руководство пользователя анализатора изображений АТ-05. Приложение к БМКИ 01.00.00.00.РЭ, 28-30 с.
5. **Морилова Л. В., Трапезникова, М. А., Кугувалова, М. А., Овчинникова, П. И., Ярмоленко, А. С.** Исследование экотоксических свойств полотен для детской одежды [Текст], «Концепт», 2014, №33, С. 41-45.
6. **Бидевкина, М.В., Бакланова, О.В., Лопатина, О.А., Панкратова, Г.П., Мезенцева, М.В., Потапова, Т.Н., Суетина, И.А.** Оценка токсичности текстильных материалов, обработанных с антимикробными агентами, с использованием клеточных культур человека и животных [Текст], Токсикологический вестник, 2015, №3 (132), С. 44-48.
7. **Андреев, Д.А.** Научное обоснование комплекса показателей для гигиенической оценки современных текстильных изделий детского ассортимента: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07/Науч. центр здоровья детей РАМН, Москва, 2004. - 155 с.
8. **Орленко, Л.В., Гаврилова, Н.И.** Конфекционирование материалов для одежды [Текст]. – М.: ИД «ФОРУМ», 2017. - 287 с.
9. **Кричевский, Г.Е.** Химическая технология текстильных материалов [Текст]. В 3-х томах. Том 2. Колорирование текстильных материалов/ Герман Кричевский. – М.: РосЗИТЛП, 2001 - 540 с.
10. **Текщева, Л. М.** Гигиеническая оценка детской одежды, изготовленной с применением текстильно-вспомогательных веществ нового поколения [Текст], «Гигиена и Санитария», 2009, №2, С. 77-79.
11. **Красина, И.В., Вознесенский, Э.Ф.** Химическая технология текстильных материалов [Текст]. – Казань: КНИТУ, 2014 - 116 с.
12. РОСКАЧЕСТВО[Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rskrf.ru/ratings/odezhda/zhenskaya/zhenskie-futbolki/>. (Дата обращения: 04.07.2019).

ANALYSIS OF RESULTS OF STUDY OF TOXICITY OF TEXTILE MATERIALS

Pankevich D.K. Sheverinova L.N., Ivashko E.I.  
(Vitebsk State Technological University)  
e-mail: ivashkokatrinka@mail.ru

The article provides a comparative analysis of toxicity indicators, color fastness to washing, free formaldehyde content in textile materials and raw material composition. Indirect signs of toxicity of textile materials have been identified, allowing to increase the level of confidence in the results of the study of the toxicity index by biotesting.

**Key words:** textile materials, toxicity index, amount of free formaldehyde, color fastness, composition of raw materials.