

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН ИНСЕКТИЦИДНЫМИ И РЕПЕЛЛЕНТНЫМИ ДОБАВКАМИ

MODIFICATION OF POLYESTER FIBERS BY INSECTICIDAL AND REPELLENT ADDITIVES

УДК 632.951(-037.474)

Е.В. Лашкина*

*Белорусский государственный университет
транспорта*

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2019-13617>

E. Lashkina*

*Belarusian State University
of Transport*

РЕФЕРАТ

МЕХАНИЗМ КРЕЙЗИНГА, ИНСЕКТИЦИДЫ, РЕПЕЛЛЕНТЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ВОЛОКНА, СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИРЕТРОИДЫ

Перспективным решением при разработке инсектицидных и репеллентных волокон является введение по механизму крейзинга в процессе ориентационной вытяжки в полиэфирные волокна инсектицидных и репеллентных веществ для защиты кератинсодержащей продукции от биоповреждений, профилактики трансмиссивных болезней. Основанием для этого является чрезвычайно медленное выделение из крейзов введенных в них жидкостей (инсектициды из класса пиретроиды (перметрин, циперметрин, β -циперметрин), эфирное масло лаванды), которое растягивается на многие месяцы и даже годы. Процесс крейзообразования происходит интенсивнее в жидких средах, содержащих поверхностно-активные вещества. Проведена оценка степени инсектицидной и репеллентной устойчивости экспериментальных ПЭТФ-волокон при эксплуатации в составе текстильных изделий.

*Установлено, что образцы модифицированных волокон сохраняют высокую отпугивающую способность по отношению к *Xenopsylla cheopis* (коэффициент отпугивающего действия > 75,9 %) в течение 14 суток хранения на открытом воздухе и обладают репеллентной активностью.*

ABSTRACT

MECHANISM OF CRAISING, INSECTICIDES, REPELLENTS, MODIFIED FIBERS, SYNTHETIC PYRETHROIDES

A promising solution for the development of insecticidal and repellent fibers is the introduction of a crazing mechanism in the process of orientation extraction into polyester fibers of insecticidal and repellent substances to protect keratincontaining products from biological damage and the prevention of vector-borne diseases. The reason for this is the extremely slow release of the liquids introduced into them from crazes (insecticides from the pyrethroids class (permethrin, cypermethrin, β -cypermethrin), lavender essential oil), which stretches for many months and even years. The process of craze formation occurs more intensively in liquid media containing surfactants. The degree of insecticidal and repellent resistance of experimental PETF fibers was evaluated during operation as part of textile products.

*It has been established that samples of modified fibers retain a high deterrent ability with respect to *Xenopsylla cheopis* (coefficient of the frightening-off action > 75.9 %) for 14 days of storage in the open air and have repellent activity.*

В настоящее время актуальной проблемой является защита людей и животных от кровососущих насекомых, при решении которой важная роль отведена текстильным изделиям. Инсекти-

цидные и репеллентные текстильные изделия используются, в частности, для профилактики трансмиссивных болезней.

В XX веке появились синтетические пестици-

* E-mail: llashkina@mail.ru (E. Lashkina)

ды, которые начали широко применяться с 1939 года, когда швейцарский химик Пауль Герман Мюллер (1899–1965 гг.) открыл инсектицидные свойства дихлордифенилтрихлорметилметана (ДДТ, 1,1,1-трихлор-2,2-ди(*n*-хлорфенилэтан) [1]. С помощью этого хлорорганического пестицида уничтожали насекомых – переносчиков малярии, тифа, других опасных болезней.

Сегодня продажи пиретроидов составляют 17 % от объема рынка инсектицидов, причем уровень продаж сохраняется, несмотря на появление новых классов веществ.

На протяжении последних трех десятилетий лидирующее положение по объему производства и темпам прироста принадлежит полиэфирным (ПЭФ) волокнам и нитям. Начиная с 2000 г. они находятся на ведущих позициях не только среди химических волокон (около 60 %), но и среди всех видов текстильного сырья (около 35 %) [2, 3]. В 2016 г. на долю полиэфирных волокон приходилось более половины мирового потребления всех видов волокон.

Основным видом полиэфирных волокон являются волокна на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ-волокна). Перспективность приоритетного развития и применения ПЭТФ-волокон обусловлена уникальным сочетанием особенностей структуры и свойств полиэтилентерефталата по сравнению с другими видами волокон [3].

Инсектицидные или репеллентные свойства придаются текстилю простейшим способом пропитки веществами, отпугивающими или убивающими насекомых. Но он имеет множество недостатков – краткий период защиты, большой расход отпугивающих веществ и др.

Относительно новым, эффективным и высокотехнологичным подходом к созданию защитных текстильных изделий является введение по механизму крейзинга (от англ. *craze* – трещина, *crazing* – образование трещин) в процессе ориентационной вытяжки в полиэфирные волокна инсектицидных и репеллентных активных компонентов. Данная технология основана на создании пористой структуры в объеме волокна, в которую при определенных условиях деформации (природа среды, скорость вытяжки) возможно введение модифицирующих добавок, придающих волокну новые функциональные свойства на длительный период.

Целью работы является разработка активных инсектицидных и репеллентных волокон по механизму крейзинга в процессе ориентационной вытяжки путем придания модифицирующей жидкости свойства поверхностной активности.

В качестве исходного сырья использовали свежесформованное ПЭТФ-волокно производства ОАО «СветлогорскХимволокно».

Активными компонентами для модифицирования ПЭТФ-волокон были выбраны наиболее изученные, эффективные и широко распространенные в мире и на территории Республики Беларусь пестициды:

- инсектициды из класса синтетических пиретроидов [4], обладающие высокой биологической активностью, избирательностью, экологической безопасностью [5–8]:

- Перметрин – (1*RS*)-цис, транс-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилцикло-пропанкарбонной кислоты 3-феноксibenзиловый эфир (ТУ 113-04-331-91) – стабильный контактно-кишечный инсектицид. Обладает репеллентным действием. Вязкая маслянистая жидкость от светло-желтого до коричневого цвета со слабым запахом, температура кипения 200 °С, 3-й класс опасности [8]. Активен против широкого диапазона вредителей, включая различных эктопаразитов животных [9]. Кумулятивные свойства выражены слабо [10];

- Циперметрин – (1*RS*)-цис, транс-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилцикло-пропанкарбонной кислоты (*RS*)-3-фенокси-*a*-цианобензиловый эфир (ТУ 2387-015-45418518-99) – санитарно-бытовой контактно-кишечный инсектицид широкого спектра действия и акарицид для помещений и открытого воздуха. Вязкая желтоватая жидкость со слабым запахом, температура кипения 260 °С [6]. Хорошо подавляет устойчивые к фосфорорганическим инсектицидам популяции тлей;

- β -циперметрин – *a*-циано-3-феноксibenзол-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметил-цикло-пропанкарбоксилат (ТУ 2441-061-48811647-2006) – контактно-кишечный синтетический пиретроид широкого спектра активности, строго контактного и кишечного действия против взрослых и личиночных стадий вредителей. Температура кипения 286 °С [8]. Относится к классу малотоксичных бытовых ядохимикатов.

Препарат обладает высокой эффективностью, благоприятными токсикологическими свойствами, широким спектром действия против биоагентов, не аккумулируется в окружающей среде, не образует токсического остатка [11]. Эффективен и при низких температурах;

- репеллент – эфирное масло (ЭМ) лаванды (ТУ 9151-001-77499056-2005), представляет собой подвижную бесцветную или желтовато-зеленоватую жидкость с легким, тонким, холодным ароматом цветков лаванды. Получают гидроdistилляцией из цветущей части лаванды лекарственной.

Репеллент ЭМ лаванды отпугивает насекомых-вредителей от домашних животных, человека и мест их пребывания.

Синтетические пиретроиды – самая обширная группа инсектицидов, получившая свое название из-за структурного сходства и близости механизма действия с естественными пиретринами – веществами, содержащимися в цветках далматской ромашки рода пиретрум.

Высокая липофильность обеспечивает мгновенное проникновение пиретроидов через хитиновый покров насекомых, парализуя их нервную систему.

Эффективность технологии производства модифицированных полиэфирных волокон по механизму крейзинга в процессе ориентационной вытяжки заключается в безопасности для человека целевых компонентов, введенных в волокна, поскольку текстильные изделия могут контактировать с кожей, воздействовать на ее поврежденные участки, слизистые оболочки и т. п.

Крейзинг полимеров представляет собой специфическую промежуточную стадию перестройки структуры полимерных волокон при растяжении. Крейзообразование происходит интенсивнее в жидких средах, содержащих поверхностно-активные вещества [12]. Захваченная в крейзы жидкость удерживается в них и очень медленно выделяется в окружающую среду [13].

На основе анализа литературных данных, физико-химических и технических характеристик [2, 14, 15, 16] отобранных веществ определили, что оптимальная концентрация активных веществ для придания функциональности готово-

го изделия и при этом не приводящая к значительному увеличению его стоимости составляет: перметрин, циперметрин, β -циперметрин 1–2 масс. %, эфирное масло лаванды 1–5 масс. %.

В качестве поверхностно-активных [17] по отношению к ПЭТФ компонентов в разрабатываемых составах использовали растворы этилового и изопропилового спиртов.

Для модифицирования полиэфирных волокон с целью придания им инсектицидной и репеллентной активности использовали следующие составы, масс. %:

1. Перметрин – 2 масс. %, спирт этиловый (этанол) 96 %-ный – 40 масс. %, вода 58 масс. %.

2. Циперметрин – 2 масс. %, этанол 96 %-ный – 40 масс. %, вода 58 масс. %.

3. β -циперметрин – 2 масс. %, этанол 96 %-ный – 40 масс. %, вода 58 масс. %.

4. Перметрин – 2 масс. %, этанол 96 %-ный – 40 масс. %, эфирное масло лаванды – 1 масс. %, вода 57 масс. %.

5. Циперметрин – 2 масс. %, этанол 96 %-ный – 40 масс. %, эфирное масло лаванды – 1 масс. %, вода 57 масс. %.

6. β -циперметрин – 2 масс. %, этанол 96 %-ный – 40 масс. %, эфирное масло лаванды – 1 масс. %, вода 57 масс. %.

В качестве контрольного образца (7) использовали немодифицированное ПЭТФ-волокно.

Синтетический пиретроид (перметрин, циперметрин или β -циперметрин) 2 масс. % растворяли в 96 %-ном спирте (40 масс. %) при комнатной температуре и постоянном перемешивании. Для получения составов 4, 5, 6 в спиртовые растворы инсектицидов перметрин, циперметрин, β -циперметрин вводили ЭМ лаванды (1 масс. %). Полученные эмульсии разбавляли дистиллированной водой до 100 %.

Наработка экспериментальной партии полиэфирных инсектицидных и репеллентных волокон осуществлялась на штапельном агрегате ША-5К, оснащенный устройством для модифицирования ПЭТФ-волокон по механизму крейзинга (рисунок 1).

Модифицированию подвергали невытянутые ПЭТФ-волокна с номинальной линейной плотностью 0,50–0,66 *текс*. Нарработку раствора проводили на скорости подачи жгута 2–7 *м/мин* при температуре эмульсии 20–25 °С и крат-

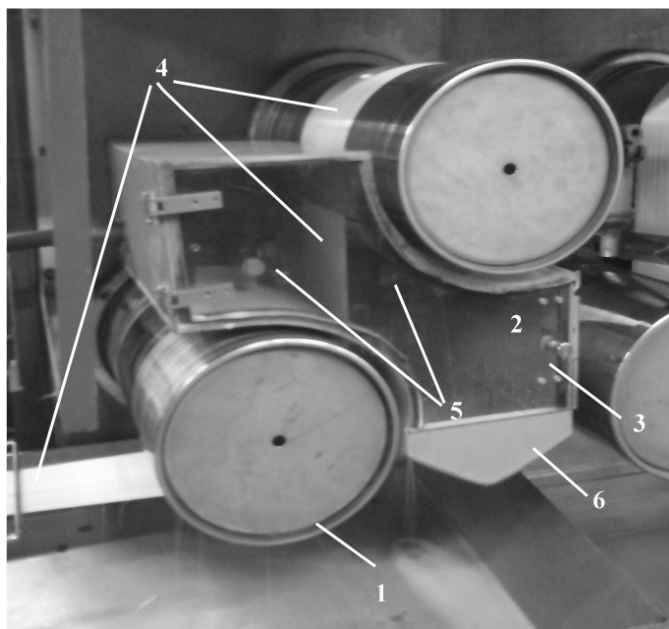


Рисунок 1 – Узел модифицирования волокон по механизму крейзинга:
 1 – валки, 2 – камера распыления, 3 – защитная дверца, 4 – жгут волокон, 5 – форсунки, 6 – камера слива

сти вытяжки волокна в зоне модифицирования – 2,47. Расход модифицирующей жидкости составил 0,3–0,8 л/мин.

Физико-механические характеристики исходного и модифицированного ПЭТФ-волокна приведены в таблице 1.

В таблице 2 приведены сравнительные характеристики модифицированных ПЭТФ-волокон одинаковой линейной плотности.

Анализ данных показывает, что модифици-

рованные ПЭТФ-волокна, по своим характеристикам не уступают исходным ПЭТФ-волокнам, а по некоторым и превосходят, что одновременно придает материалам новые функциональные свойства.

Степень репеллентности волокон экспериментальной партии оценивали в аккредитованном (ГР № РОСС RU.0001.516846) испытательном центре НИИ биоцидов и нанобиотехнологий (г. Москва) по стандартной методике МУ

Таблица 1 – Характеристики исходного и модифицированного ПЭТФ-волокна

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Исходное ПЭТФ-волокно	Опытный образец
1	Фактическая линейная плотность элементарного волокна	текс	0,601	0,396
2	Удельная разрывная нагрузка	мН/текс	249	304
3	Относительное удлинение волокна при разрыве	%	172,2	72
4	Фактическая влажность	%	0,4	0,5
5	Диаметр элементарного волокна	мкм	24	21
6	Развес волокна	ктекс	74	85
7	Массовая доля замасливателя	%	0,4	0,7

Таблица 2 – Физико-механические характеристики модифицированных ПЭТФ-волокон линейной плотностью 0,396 текс

Материал	Удельная разрывная нагрузка, мН/текс	Относительное удлинение волокна при разрыве, %
ПЭТФ/перметрин	304	72
ПЭТФ/циперметрин	317	76
ПЭТФ/ β -циперметрин	298	70
ПЭТФ/перметрин/ЭМ лаванды	296	67
ПЭТФ/циперметрин/ЭМ лаванды	313	69
ПЭТФ/ β -циперметрин/ЭМ лаванды	292	71

3.5.2.1759-03 [15] пп. 3.4.2. Метод основан на способности голодных блох вспрыгивать и оставаться длительное время на колеблющихся образцах, которыми служили пучки полиэфирных волокон.

Опыты проводили при температуре 24 ± 2 °С и относительной влажности 58 ± 2 % в трехкратной повторности.

В качестве биологического материала использовали инсектарную культуру крысиной блохи *Xenopsylla cheopis*. При отборе насекомых для эксперимента соблюдали метод случайной выборки. Подопытные и контрольные насекомые имаго (стадия индивидуального развития) были одного возраста. Пищевой рацион содержал все необходимые компоненты для нормальной жизнедеятельности насекомых.

Коэффициент отпугивающего действия (**КОД**) рассчитывали по формуле (1):

$$\text{КОД} = (A - B) : A \times 100 \% , \quad (1)$$

где **A** и **B** – количества насекомых на контрольном немодифицированном пучке и на пучках модифицированных волокон через 20 минут после начала опыта.

Определяли **КОД** исходных волокон, а затем спустя 6 и 14 *сут.* статистическую обработку результатов проводили по методике [18]. Полученные экспериментально показатели эффективности репеллентных волокон сопоставляли с нормативными показателями, изложенными в [19].

При испытании волокон установлено, что

контрольный образец 7 не модифицированных ПЭТФ-волокон оказывал собственное отпугивающее действие на крысиных блох: **КОД** составил 80,7 %. При повторном испытании собственное отпугивающее действие этого образца снизилось до 76,7 %, а через 14 *сут.* открытого хранения образца – до 27,2 %.

Все модифицированные волокна (образцы № 1–6) при первом испытании по сравнению с контрольными образцами полностью отпугивали имаго крысиных блох, **КОД** = 100 %. Через 6 *сут.* открытого хранения волокон полностью отпугивали блох образцы № 4, 5, 6 (модификаторы – перметрин + ЭМ лаванды, циперметрин + ЭМ лаванды, β -циперметрин + ЭМ лаванды). Когда в качестве контрольного образца были взяты полоски белой бязи, значения **КОД** модифицированных ПЭТФ-волокон спустя 6 суток оказались еще выше: для образца № 1 – 97,2 %, № 2 – 97,9 %, № 3 – 98,6 %, № 4, 5, 6 – 100 %.

После 14 суток открытого хранения модифицированные образцы продемонстрировали (по сравнению с контрольными ПЭТФ-волокнами № 7) следующие показатели, %: № 1 – **КОД** – 75,9, № 2 – 78,5, № 3 – 80,3, № 4 – 84,9, № 5 – 86,3, № 6 – 87,7, а по сравнению с образцами белой бязи № 1 – 82,5 %, № 2 – 83,1 %, № 3 – 83,9 %, № 4 – 85,1 %, № 5 – 86,0 %, № 6 – 87,9 %.

В соответствии с методикой [15] утратой репеллентных свойств считают величину **КОД** < 70 %. Таким образом, длительность рабочего действия (**ДРД**) модифицированных волокон составила более 14 *сут.* Результаты испытаний инсектицидных и репеллентных ПЭТФ-волокон приведены в таблице 3.

Установлено, что все образцы модифициро-

Таблица 3 – Эффективность отпугивания блох *Xenopsylla cheopis* модифицированными ПЭТФ-волокнами

№ образца (модификатор)	Репеллентные свойства волокон в зависимости от времени хранения образцов, сут.			ДРД, сут.
	1 сутки	6 суток	14 суток	
	Отпугивание, %	Отпугивание, %	Отпугивание, %	
№ 1 Перметрин	100	87,8	75,9	Более 14
№ 2 Циперметрин	100	90,5	78,5	Более 14
№ 3 β -циперметрин	100	92,7	80,3	Более 14
№ 4 Перметрин + ЭМ лаванды	100	100	84,9	Более 14
№ 5 Циперметрин + ЭМ лаванды	100	100	86,3	Более 14
№ 6 β -циперметрин + ЭМ лаванды	100	100	87,7	Более 14
№ 7 (контроль)	80,7	76,7	27,2	Более 6
ЭМ лаванды (1 мас. %)	95,2	86,1	64,0	Более 12
Полоски бязи	0	0	0	0

ванных волокон сохраняют высокую отпугивающую способность по отношению к *Xenopsylla cheopis* (**КОД** > 75,9 %) в течение 14 **сут.** хранения на открытом воздухе. Спустя 14 **сут.** **КОД** ПЭТФ инсектицидных и репеллентных волокон в зависимости от природы введенного в них по механизму крейзинга модификатора составил перметрин – 75,9 %, циперметрин – 78,5 %, β -циперметрин – 80,3 %, Перметрин + ЭМ лаванды – 84,9 %, Циперметрин + ЭМ лаванды – 86,3 %, β -циперметрин + ЭМ лаванды – 87,7 %.

Инсектицидную активность модифицированных ПЭТФ-волокон исследовали в лабораторных условиях относительно личинок комнатных мух (*Musca domestica*). Личинки помещали в бюксы объемом 25 **см³** на образцы исследуемых волокон массой 1 г. Оценка уровня чувствительности насекомых проводили путем вычисления показателей смертельной дозы (**СД**) и смертельной концентрации (**СК**): **СД₅₀**, **СД₉₅**, **СК₅₀**, **СК₉₅** (таблица 4).

Результаты исследований, приведенные в таблице, показали, что удовлетворительные уровни чувствительности тест-насекомых наблюдались по отношению ко всем образцам модифициро-

ванных волокон.

Репеллентную устойчивость экспериментальных ПЭТФ волокон при эксплуатации в составе текстильных изделий оценивали, подвергая их мокрой обработке – ГОСТ 12.4.049-78 ССТБ. (Метод определения устойчивости к мокрой обработке).

Образец волокон длиной 75 **мм** пришивали к куску хлопковой неокрашенной ткани (размер 20 x 850 **мм**). Для проведения мокрой обработки применяли следующее оборудование: машину стиральную с активатором, пресс гладильный или утюг с терморегулятором, мыло хозяйственное по ГОСТ 790, соду кальцинированную по ГОСТ 5100, порошок специальный синтетический по нормативно-технической документации (ОСТ 6-15-933).

Мокрую обработку проб производили в течение 30 **мин.** После окончания мокрой обработки производили три полоскания в баке машины (первой – при 60 °С, второе – при 40 °С, третье – при 20 °С) по 2 **мин** каждое. Выстиранные пробы перекладывали в центрифугу и отжимали в течение 5 **мин.** Глажение проб производили непосредственно после отжима. После мокрой

Таблица 4 – Инсектицидная активность модифицированных ПЭТФ-волокон

№ образца (модификатор)	$СД_{50}$ (мкг/г)	$СД_{95}$ (мкг/г)	$СК_{50}$, %	$СК_{95}$, %
№ 1 Перметрин	$8,03 \cdot 10^{-2}$	0,234	$5,62 \cdot 10^{-3}$	$1,50 \cdot 10^{-2}$
№ 2 Циперметрин	$7,71 \cdot 10^{-2}$	0,219	$5,49 \cdot 10^{-3}$	$1,46 \cdot 10^{-2}$
№ 3 β -циперметрин	$7,50 \cdot 10^{-2}$	0,198	$5,32 \cdot 10^{-3}$	$1,42 \cdot 10^{-2}$
№ 4 Перметрин + ЭМ лаванды	$8,0 \cdot 10^{-2}$	0,231	$5,61 \cdot 10^{-3}$	$1,49 \cdot 10^{-2}$
№ 5 Циперметрин + ЭМ лаванды	$7,69 \cdot 10^{-2}$	0,218	$5,47 \cdot 10^{-3}$	$1,45 \cdot 10^{-2}$
№ 6 β -циперметрин + ЭМ лаванды	$7,45 \cdot 10^{-2}$	0,197	$5,30 \cdot 10^{-3}$	$1,40 \cdot 10^{-2}$

обработки определяли коэффициент отпугивающего действия полиэфирных волокон (таблица 5).

По результатам экспериментальных иссле-

дований установлено, что после 1, 2, 3-кратных мокрых обработок уровень отпугивающей способности всех модифицированных образцов волокон по отношению к *Xenopsylla cheopis*

Таблица 5 – Коэффициент отпугивающего действия модифицированных полиэфирных волокон после мокрых обработок по отношению к *Xenopsylla cheopis*

№ образца (модификатор)	Количество стирок	Репеллентные свойства волокон в зависимости от времени хранения			ДРД, сут.
		1 сут.	6 сут.	14 сут.	
		Отпугивание, %			
№ 1 Перметрин	1	100	86,9	74,9	> 14
	2	98,9	85,6	73,6	
	3	96,7	83,9	72,1	
№ 2 Ципреметрин	1	100	88,6	76,3	> 14
	2	99,1	87,7	74,7	
	3	97,2	85,5	73,4	
№ 3 β -циперметрин	1	100	90,2	77,9	> 14
	2	99,9	88,6	75,8	
	3	98,7	87,4	74,1	
№ 4 Перметрин + ЭМ лаванды	1	100	95,5	86,3	> 14
	2	100	92,1	85,1	
	3	97,9	89,2	82,7	
№ 5 Циперметрин + ЭМ лаванды	1	100	97,2	89,2	> 14
	2	100	94,4	88,3	
	3	98,9	91,6	86,0	
№ 6 β -циперметрин + ЭМ лаванды	1	100	99,5	90,3	> 14
	2	100	97,8	87,8	
	3	99,7	95,9	86,2	

снижается незначительно – на 1–4 %.

Кинетическая кривая относительно изменения массы образцов ПЭТФ-волокон, модифицированных инсектицидом и репеллентом перметрин (2 мас. %) при выдержке их в горячей воде, представлена на рисунке 2.

ной и инсектицидной активностью, а адсорбция модификаторов на стенках крейзов и «закрытие» крейзов после снятия растягивающей нагрузки обуславливают пролонгированное выделение модификаторов на поверхность волокон и стабильность новых свойств волокон.

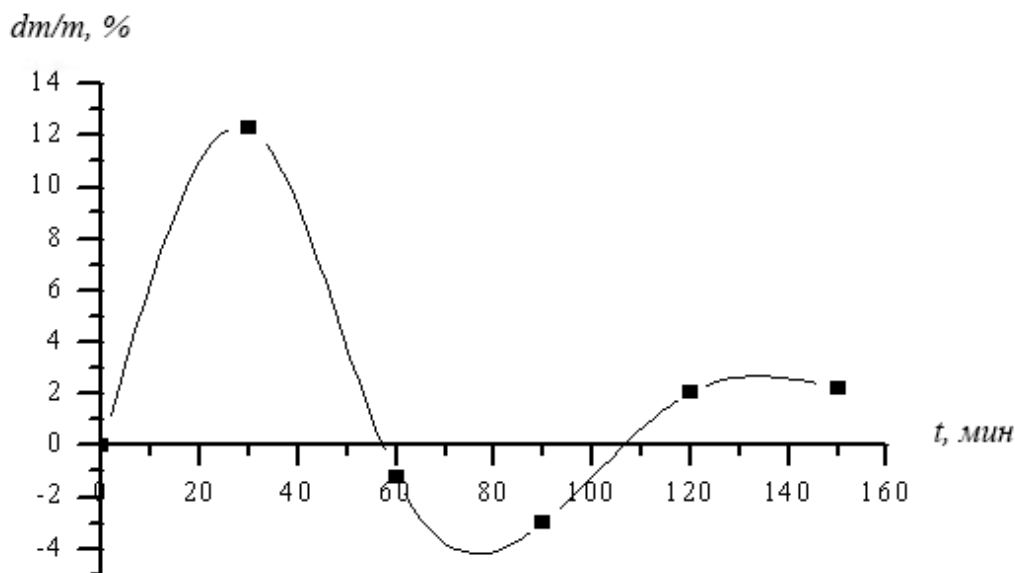


Рисунок 2 – Зависимость кинетики относительного изменения массы ($\Delta m/m$) при выдержке в воде ($T = 100\text{ C}$) полиэфирных волокон, модифицированных инсектицидом и репеллентом перметрин (2 мас. %)

Установлено, что первоначальное увеличение массы образцов сопровождается экспоненциальным снижением, достигая исходного значения через 60 *мин*.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

Введение модифицирующих добавок из класса синтетических пиретроидов (перметрин, циперметрин, β -циперметрин) и натурального репеллента (эфирное масло лаванды) в раскрывшиеся крейзы дает возможность создания полиэфирных волокон, обладающих репеллент-

Образцы модифицированных волокон сохраняют высокую отпугивающую способность по отношению к *Xenopsylla cheopis* (**КОД** > 75,9 %) в течение 14 *сут.* хранения на открытом воздухе и обладают репеллентной активностью, что позволяет применять их в качестве текстильных волокон при производстве спецодежды, средств защиты людей и животных от насекомых-вредителей и предупреждения трансмиссивных заболеваний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гар, К. А. (1985), *Инсектициды в сельском хозяйстве*, Москва, Агропромиздат, 168 с.
2. Перепелкин, К. Е. (2003), Тенденции и изменения в мировом производстве химических волокон, *Химические волокна*, 2003, № 4, С. 3–10.
3. Перепелкин, К. Е. (2001), Полиэфирные волокна на рубеже третьего тысячелетия, *Химические волокна*, 2001, № 5, С. 3–19.
4. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь 2017 год. *Каталог пестицидов и удобрений, разрешенных для применения в Республике Беларусь*.
5. Поляков, В. А. (1981), *Инсектициды и репелленты в защите сельскохозяйственных животных от кровососущих двукрылых насекомых*, Москва, ВНИИТЭИСХ, 54 с.
6. Ткачев, А. В. (2004), Пиретроидные инсектициды – аналоги природных защитных веществ растений, *Саровский образовательный журнал*, 2004, Т. 8, № 2, 224 с.
7. Пиретроиды установили рекорд продаж, *Защита растений*, Москва, ООО «Издательство Агрорус», 2011, № 10 (191), С. 14–15.
8. Якубовский, М. В. (2007), Применение пиретроидов – путь для получения экологически чистой продукции, *Экология и животный мир*, 2007, № 3–4, С. 21.
9. Мельников, Н. Н. (1987), *Пестициды. Химия, технология и применение*, Москва, Химия, 712 с.
10. Галяутдинова, Г. Г., Тремасов, М. Я. (2004), О токсичности пиретроидов, Состояние и проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и

REFERENCES

1. Gar, K. A. (1985), *Insekticidy v sel'skom hozjajstve* [Insecticides in agriculture], Moscow, Agropromizdat, 168 p.
2. Perepelkin, K. E. (2003), Trends and changes in world production of chemical fibers [Tendencii i izmenenija v mirovom proizvodstve himicheskikh volokon], *Himicheskie volokna – Chemical fibers*, 2003, № 4, pp. 3–10.
3. Perepelkin, K. E. (2001), Polyester fibers at a turn of the third millennium [Polijefirnye volokna na rubezhe tret'ego tysjacheletija], *Himicheskie volokna – Chemical fibers*, 2001, № 5, pp. 3–19.
4. *The state register of means of protection of plants (pesticides) and fertilizers allowed for use in the territory of Republic of Belarus 2017. Katalog pesticidov i udobrenij, razreshennyh dlja primenenija v Respublike Belarus*.
5. Polyakov, V. A. (1981), *Insekticidy i repellenty v zashhite sel'skohozejstvennyh zhivotnyh ot krovososushhih dvukrylyh nasekomyh* [Insecticides and repellents in protection of farm animals against blood-sucking dipterous insects], Moscow, VNIITEISH, 54 p.
6. Tkachyov, A. V. (2004), Piretroidnye insecticides are analogs of natural protective substances of plants [Piretroidnye insekticidy – analogi prirodnyh zashhitnyh veshhestv rastenij], *Sarovskij obrazovatel'nyj zhurnal – Sarov educational magazine*, 2004, V. 8, № 2, 224 p.
7. Pyrethroids set a record of sales [Piretroidy ustanovili rekord prodazh], *Zashhita rastenij – Protection of plants*, Agrorus publishing house, 2011, № 10 (191), pp. 14–15.
8. Yakubovsky, M. V. (2007), Use of pyrethroids – a way for receiving environmentally friendly products [Primenenie piretroidov – put' dlja poluchenija jekologicheski chistoj], *Jekologija i zhivotnyj mir – Ecology and fauna*, 2007, № 3–4,

- экологии в животноводстве, *Материалы Международной научно-практической конференции*, Чебоксары, 2004, С. 27.
11. Миренков, Ю. А., Саскевич, П. А., Сорока, С. В. (2007), *Химические средства защиты растений*, Несвиж, 336 с.
 12. Volynskii, A. L., Bakeev, N. F. (1996), *Solvent Crasing of Polymers*, NY, 1996.
 13. Волинский, А. Л., Бакеев, Н. Ф. (2005), *Структурная самоорганизация аморфных полимеров*, Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2005, 232 с.
 14. Лашкина, Е. В. (2010), Физико-химические параметры активных композиционных материалов на основе полиолефинов, Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности, *Труды 9-й Международной научно-практической конференции*, Санкт-Петербург, 2010, С. 322–323.
 15. *Методы определения эффективности инсектицидов, акарицидов, регуляторов развития и репеллентов, используемых в медицинской дезинсекции*, МУ 3.5.2.1759-03 Минздрав России, Москва, 2004, 87 с.
 16. Лашкина, Е. В., Винидиктова, Н. С., Тейкин, А. В. (2010), Исследование физико-химических и эксплуатационных свойств инсектицидных композиционных материалов, *Материалы. Технологии. Инструменты*, 2010, Т. 15, № 1, С. 74–78.
 17. *Поверхностно-активные вещества*, Справочник, под редакцией Абрамзона, А. А., Гаевого, Г. М., Ленинград, Химия, 1979, 376 с.
 18. Рокитский, П. Ф. (1967), *Биологическая статистика*, Минск, Высшая школа, 326 с.
 19. Rafinejad, J., Vatandoost, H., Nikpoor F. (2008), Effect of washing on the bioefficacy of insecticide-treated nets (ITNs) and long-lasting insecticidal nets (LLINs) against main malaria p. 21.
 9. Melnikov, N. N. (1987), *Pesticidy. Himija, tehnologija i primenenie* [Pesticides. Chemistry, technology and application], Moscow, Chemistry, 712 p.
 10. Galyautdinova, G. G., Tremasov, M. Ya. (2004), About toxicity of pyrethroids [O toksichnosti piretroidov], State and problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology in livestock production, *Materials of the International scientific and practical conference*, Cheboksary, 2004, p. 27.
 11. Mirenkov, Yu. A., Saskevich, P. A., Soroka, S. V. (2007), *Himicheskie sredstva zashhity rastenij* [Chemical means of protection of plants], Nesvizh, 336 p.
 12. Volynskii, A. L., Bakeev, N. F. (1996), *Solvent Crasing of Polymers*, NY, 1996.
 13. Volynsk, A. L., Bakeev, N. F. (2005), *Strukturnaja samoorganizacija amorfnyh polimerov* [Structural self-organization of amorphous polymers], Moscow, FIZMATHLIT, 232 p.
 14. Lashkina, E. V. (2010), Physical and chemical parameters of active composite materials on the basis of polyolefins [Fiziko-himicheskie parametry aktivnykh kompozicionnykh materialov na osnove poliolefinov], Research, development and use of high technologies in the industry, *Proceedings of the 9th International scientific and practical conference*, St. Petersburg, 2010, pp. 322–323.
 15. *Methods of determination of efficiency of the insecticides, acaricides, regulators of development and repellents used in medical disinsection*. MU 3.5.2.1759-03 Minzdrav Rossii, Moscow, 2004, 87 p.
 16. Lashkina, E. V., Vinidiktova, N. S., Teykin, A. V. (2010), Issledovaniye of physical and chemical and operational properties of insecticidal composite materials [Issledovanie fiziko-

vector *Anopheles stephensi* by three bioassay methods, *Vector Borne Diseases*, V. 45, № 2, pp. 143–150.

himicheskikh i jekspluatacionnyh svojstv insekticidnyh kompozicionnyh materialov], *Materialy. Tehnologii. Instrumenty – Materials. Technologies. Tools*, 2010, V. 15, № 1, pp. 74–78.

17. *Surfactants*, Spravochnik, pod redakciej Abramzona, A. A., Gaevogo, G. M., Himija, Leningrad, Chemistry, 1979, 376 p.

18. Rokitsky, P. F. (1967), *Biologicheskaja statistika* [Biological statistics], Minsk, higher school, 326 p.

19. Rafinejad, J., Vatandoost, H., Nikpoor F. (2008), Effect of washing on the bioefficacy of insecticide-treated nets (ITNs) and long-lasting insecticidal nets (LLINs) against main malaria vector *Anopheles stephensi* by three bioassay methods, *Vector Borne Diseases*, V. 45, № 2, pp. 143–150.

Статья поступила в редакцию 22. 04. 2019 г.