



Научная статья

УДК 677.027:677.047.6

DOI: 10.52957/27821900_2022_01_58

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ АКАРИЦИДНО-РЕПЕЛЛЕНТНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О. И. Одинцова, А. А. Липина

Ольга Ивановна Одинцова, д-р техн. наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-5002-2601>;

Анна Андреевна Липина, канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0002-1259-9351>

Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия, odolga@yandex.ru

Ключевые слова:

репелленты, альфа-циперметрин, микрокапсулы, полиэлектролиты, наноэмульсия

Аннотация. Отражено современное состояние рынка акарицидно-репеллентных веществ и способов защиты, применяемых человеком с использованием данных соединений. Приведено описание акарицидно-репеллентных веществ растительного и синтетического происхождения. Обоснован выбор отечественного пиретроида и предложен способ его применения для защиты человека от насекомых путем заключения его внутрь микрокапсул и последующим нанесением на текстильный материал. Рассмотрены отечественные и зарубежные технологии обработки текстильных материалов акарицидно-репеллентными препаратами.

Для цитирования:

Одинцова О.И., Липина А.А. Перспективные препараты для акарицидно-репеллентной отделки текстильных материалов // *От химии к технологии шаг за шагом*. 2022. Т. 3, вып. 1. С. 58-49. URL: <http://chemintech.ru/index.php/tor/2022tom3no1>

Введение

Значимой задачей современного текстильного производства является выпуск высокотехнологичных технических тканей с инновационными видами отделок. К таким отделкам относятся вирулицидная, антибактериальная, акарицидно-репеллентная и маскирующая отделка с эффектом ИК-ремиссии.

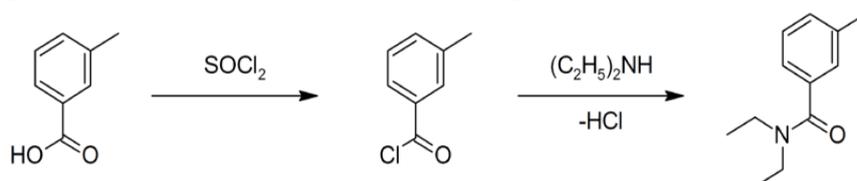
Важное значение играет одежда с акарицидно-репеллентной отделкой для представителей таких профессий, как геологи, нефтяники, военнослужащие, осуществляющие свою деятельность в лесной зоне. Защита человека от гнуса и иксодовых клещей, которые являются переносчиками вируса клещевого энцефалита, наиболее актуальна в весенне-летний период времени. Решение данной проблемы имеет несколько путей: первый – это вакцинация населения, которая может осложняться аллергическими реакциями; второй – опыление лесов и парков акарицидами, являющимися достаточно токсичными для окружающей среды; третий путь – применение специальных костюмов для механической и химической защиты человека от насекомых. Для акарицидно-репеллентной



отделки текстильных материалов можно использовать как природные, так и синтетические репелленты.

Синтетические химические вещества, которые наносят на кожу, одежду или другие поверхности называют синтетическими репеллентами. Данные вещества препятствуют попаданию насекомых на обработанную поверхность. Вероятность контакта с кожей человека уменьшается за счет того, что синтетические репелленты делают поверхность одежды неприятной и непривлекательной для насекомых-вредителей. Также репелленты способствуют предотвращению и контролю вспышек болезней, передаваемых насекомыми-вредителями: малярия, желтая лихорадка, японский энцефалит, лихорадка Денге и другие. В строении данных веществ содержатся активные группы, например, цианогруппа, которая способна отпугивать насекомых путем блокирования их обонятельных органов чувств, отвечающих за обнаружение диоксида углерода и молочной кислоты, выделяемых при потоотделении [1].

Одним из наиболее известных и часто используемых репеллентов является диэтилтолуамид (ДЭТА), который представляет собой светлую маслообразную жидкость со слабым ароматическим запахом. Его разработали для армии США в 1946 году с целью защиты личного состава в регионах с большим количеством насекомых. В Америке его зарегистрировали для гражданского использования в 1957 году. В составе репеллентов для индивидуального использования он присутствует на рынке с 1965 года. Отпугивающий эффект при нанесении на кожу против комаров длится 10–12 часов, а против мошек до 6 часов. При нанесении аэрозоля с ДЭТА на одежду, защитное действие против комаров может длиться до 2-3 суток, а нанесение 20–35%-ной эмульсии обеспечивает защиту от гнуса на протяжении 30 суток. Синтез ДЭТА проходит по схеме



Мета-толуиловую кислоту действием тионилхлорида переводят в соответствующий хлорангидрид, из которого затем действием диэтиламина получают диэтиламид м-толуиловой кислоты - диэтилтолуамид (рис. 1) [2].

Токсичность ДЭТА для окружающей среды и живых организмов ограничена, но известно об остром воздействии данного вещества на головной мозг. Имеется мало информации о токсичности ДЭТА для водных беспозвоночных. Уникальность рассматриваемого вещества заключается в том, что оно способно маскировать сенсорное восприятие молочной кислоты на коже, делая ее непривлекательной для насекомых. Прежде всего, для таких вредителей, как комары и клещи. Недостатками данного соединения являются резкий запах, субхроническая токсичность, мутагенность, репродуктивная и неврологическая токсичность [3, 4].

Еще одним известным репеллентом для широкого использования является N,N-диэтилфенилацетамид (ДЭФА) (рис. 2). Согласно токсикологическим исследованиям

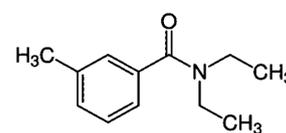


Рис. 1. Структурная формула ДЭТА



ДЭФА не вызывает раздражения кожи и фотохимических реакций после кратковременного воздействия ультрафиолета, являясь более безопасной альтернативой ДЭТА [5].

Одним из известных синтетических репеллентов от насекомых является пикаридин (рис. 3). Установлено, что его время защиты идентично времени защиты ДЭТА в аналогичных концентрациях. Пикаридин рекомендуется наносить на кожу и/или одежду человека. Он защищает от таких насекомых, как комары, мухи, клещи, блохи. Преимуществом пикаридина является отсутствие повреждения пластика и синтетических тканей.

Точный механизм действия пикаридина неизвестен. Не было выявлено кожной, органоспецифической или репродуктивной токсичности в дозах до 200 мг/кг массы тела при исследовании на животных, также не было выявлено каких-либо тератологических, аномалий развития или новообразований. От концентрации данного вещества зависит время защиты от укусов насекомых. На рынке пикаридин представлен в концентрациях 7, 5, 10 и 15%. При увеличении его концентрации от 7,5 до 15% время защитного действия изменяется от 2 до 4 часов [6]. Недостатком данного вещества является его непродолжительное время защиты от насекомых.

В качестве репеллента также можно использовать Метофлутрин («СумиВан») (2,3,5,6-тетрафтор-4-(метоксиметил)бензил 2,2-диметил-3-(проп-1-ен-1-ил)циклопропанкарбоксилат (рис. 4).

Данное вещество представляет собой летучий инсектицид, полученный фирмой «Сумитомо Кемикал» (Япония). Его особенностью является высокая парализующая активность для комаров. Существуют следующие его формы выпуска: спирали, жидкостные фумигаторы и пепелатор, а также диспенсеры [7, 8].

Известны высокие репеллентные свойства Метофлутрина против Азиатского тигрового комара (*Aedes albopictus*) и Комара Цепня (*Aedes taeniorhynchus*) [9].

Недостатками данного вещества является острая водная токсичность. Основные метаболиты метофлутрина были исследованы с использованием трех различных водных видов – рыб и водорослей: *Pimephales promelas* (Толстоголов черный), *Daphnia magna* (Большая Дафния) и *Pseudokirchneriella subcapitata* (Зелёные водоросли). По всем метаболитом была выявлена высокая токсичность [10], что позволяет предположить о небезопасности данного вещества для экологии и человека.

Известно вещество, которое обладает острым действием в отношении кровососущих – Трансфлутрин, 2,3,5,6-тетрафторбензил (1R,3S)-2,2-диметил-3-(2,2-дихлорвинил)-циклопропанкарбоксилат (рис. 5) («Байер», Германия). При контактном и фумигационном действии оно вызывает паралич насекомого. Обладает быстрым действием при

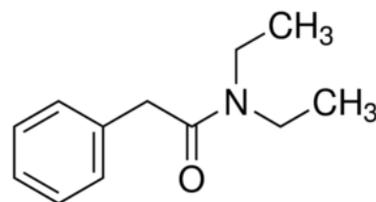


Рис. 2. Структурная формула N,N-диэтилфенилацетамида

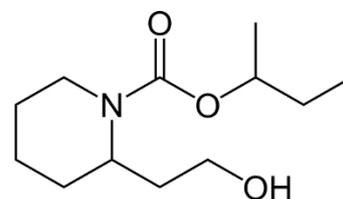


Рис. 3. Структурная формула пикаридина

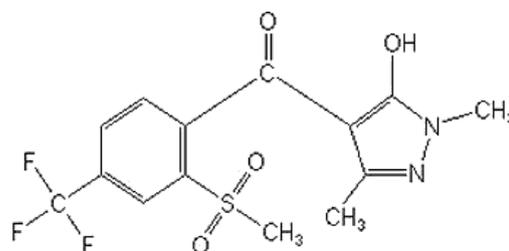


Рис. 4. Структурная формула метофлутрина



контактной и ингаляционной активности в отношении комаров, мух, тараканов и белокрылок. Является эффектором пресинаптических вольтаж-зависимых натриевых каналов нервных мембран, по механизму действия, вызывая при этом нокдаун-эффект у насекомых.

Трансфлутрин применяют как отдельно, так и совместно с разными пиретроидами в электрофумигаторах и средствах в аэрозольных упаковках для борьбы с летающими насекомыми. Данное вещество из-за повышенной летучести возможно использовать в составе антимольных пластин [11, 12].

D-эмпентрин («Вапортрин») (рис. 6) – пестицид, инсектицид, который используют для борьбы с мухами и комарами в помещениях. Выпускная форма «Вапортрина» представлена в виде пластин, предназначенных для защиты меха, шерсти и изделий из них от повреждения насекомыми-кератофагами.

Вещество является высокоактивным, превышая эффективность таких пиретроидов, как, например, аллетрин – в 2,5 раза. Механизм действия такого препарата основан на нарушении процесса обмена ионов натрия, приводя к выделению большого количества ацетилхолина при прохождении нервного импульса через синаптическую щель. На территории Российской Федерации такие вещества стали появляться на рынке с 2004 года в виде пластин и жидкостей с электрофумигатором [13]. Недостатком данного вещества является возникновение аллергических реакций у людей и животных.

Описанные репеллентные вещества достаточно эффективно применяются за рубежом и в нашей стране. Однако недостатки этих веществ, такие как недолговечность их действия, высокая летучесть, способность вызывать побочные и аллергические реакции у людей и животных, вынуждают ученых искать пути замены, в этом аспекте значимыми представляются синтетические пиретроиды, которые являются аналогами природных быстроиспаряющихся пиретринов.

Пиретроиды представляют собой синтетические инсектициды, аналоги природных пиретринов, в частности ромашки далматской (*Pirethrum cinerariifolium* или *Tanacetum cinerariifolium*), которые культивировались в Кении, Руанде, Танзании и Эквадоре [14]. Пиретроиды являются оптически активными высококипящими жидкостями, растворяются в большинстве органических растворителей, практически не растворимы в воде; легко окисляются на воздухе и свету. Представляют собой сложные эфиры по химической природе.

К пиретроидам первого поколения относятся эфиры хризантемовой кислоты (рис. 7) [15].

Данные пиретроиды обладают высокой инсектицидной активностью. Из недостатков является то, что они, как и природные пиретрины, легко окисляются на свету [16]. Используются данные вещества в противокмаринных спиралях и пластинах («Раптор», «Фумитокс» и т.д.) и в виде аэрозолей. Применение таких пиретроидов методом распыления может привести к возникновению аллергических реакций.

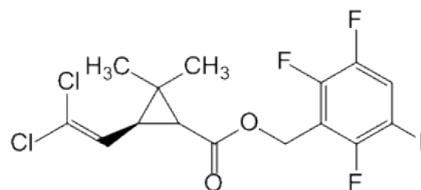


Рис. 5. Структурная формула трансфлутрина

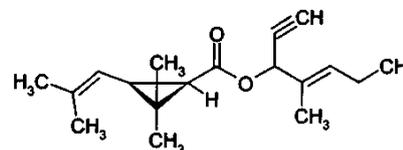


Рис. 6. Структурная формула D-эмпентрина



Второе поколение пиретроидов сформировалось в 1960-1970-е гг. Они были уже более стабильны к фотоокислению (эфиры 3-(2,2-дигалогенвинил)-2,2-диметилциклопропан-карбоновых кислот – перметрин, альфа-циперметрин, дельтаметрин (декаметрин, «децис») и фенвалерат – пиретроид, который не содержит циклопропанового кольца [17].

Такие пиретроиды имеют широкий спектр действия и эффективны при очень малых нормах расхода. Эти вещества обладают более выраженным инсектицидным эффектом, применяются для борьбы с бытовыми насекомыми, для обработки тканей и тарных материалов.

Пиретроиды третьего поколения включают цигалотрин, флуцитринат, флувалинат, тралометрин, цифлутрин, фенпропатрин, бифетрин, циклопротрин, а также этофенпрокс. Самым распространённым из них является цигалотрин (он в 2,5 раза активнее дельтаметрина). Известна высокая их эффективность против клещей, в то же время они обладают токсичностью для пчёл, птиц и рыб [18, 19].

В современном мире для противомоскитных и противоклещевых препаратов, а также для технологии репеллентной отделки тканей применяют пиретроид второго поколения – перметрин (противопаразитное средство: инсектицидное, акарицидное, противопедикулезное) (рис. 8) [20]. Установлена его высокая защитная эффективность в отношении клещей комаров и мух [21].

Для нокдаун-эффекта против насекомых необходим прямой контакт этого вещества с ними, в результате происходит блокировка натриевых каналов, ингибируется активность ацетилхолинэстеразы и наступает паралич насекомого. Не было выявлено эффекта тератогенности при исследованиях на животных [22].

Перметрин активно применяют для репеллентной отделки текстильных материалов за рубежом в виду его множественного действия на насекомых (отпугивающее, дезориентирующее и летальное) [23]. Его недостатком является то, что у животных он способен вызвать гиперактивность, агрессивное поведение и тремор [24]. Существует риск нанесения укуса насекомым человеку, прежде чем оно погибнет. Технологии отделки ткани и препараты на основе перметрина являются дорогими и импортными.

Наиболее эффективен из перметринов - альфа-циперметрин [смесь изомеров циперметрина (1:1) : (S)- α -циано-3-феноксипбензилового эфира (1R)-цис-3-(2,2-дихлоровинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоновой кислоты и (R)- α -циано-3-феноксипбензилового эфира (1S)-цис-3-(2,2-дихлоровинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоновой кислоты], который используется в сельском хозяйстве для борьбы с вредными насекомыми и вредителями запасов, в личных приусадебных хозяйствах и в практике медицинской, санитарной и бытовой дезинсекции для борьбы с вредными насекомыми.

Альфа-циперметрин (АЦП) – это белый кристаллический порошок с температурой плавления 78–81 °С, с плотностью $d = 1,86 \text{ г/см}^3$, малолетучее вещество (рис. 9).

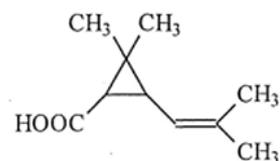


Рис. 7. Формула хризантемовой кислоты

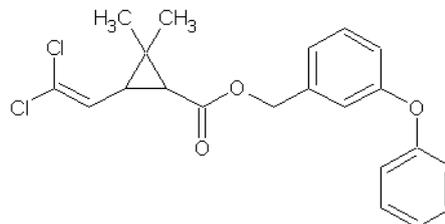


Рис. 8. Структурная формула перметрина



Альфа-циперметрин (технический) был зарегистрирован в виде инсектоакарицидной субстанции для производства инсектоакарицидных средств в 2002 году (Протокол № 135 от 19-20 июля 2002 г.), обладает высокой акарицидной активностью: по своим показателям он в 28 раз активнее перметрина, в 2–5 раз циперметрина, быстрее, чем перметрин, вызывает у клещей состояние нокдауна [25].

Применение лосьонов, спиралей, спреев, содержащих в своем составе такие химические вещества, как ДЭТА, перметрин, циперметрин и альфа-циперметрин приводит к неизбежному контакту летучих органических веществ и репеллентов с дыхательными путями человека, вызывая аллергические реакции.

Решить данную проблему возможно, используя текстильные материалы, обработанные натуральными и синтетическими репеллентными веществами.

Для получения устойчивой акарицидно-репеллентной отделки, с пролонгированным выделением АЦП, представляет интерес использование его в микрокапсулированной форме. Применение метода микрокапсулирования позволяет сохранить стабильность при контакте с другими веществами, а также обеспечит светостойкость и отсутствие побочных эффектов для организма [26-30].

Защитный костюм должен быть комфортным и безопасным, иметь сертификаты соответствия и санитарно-гигиенические заключения [31, 32].

Для достижения максимального эффекта защиты человека от кровососущих насекомых необходима разработка определенной модели противоэнцефалитного костюма с высокой степенью акарицидной защиты посредством придания ему акарицидно-репеллентной отделки.

Существующие технологии обработки ткани включают в себя распыление препарата на поверхность ткани, использование двухстадийной технологии, разработанной сотрудниками ИХР РАН, с применением в качестве репеллента – диэтилтолуамида [33] и технологии на основе препарата «Санитайзед АМ 23-24» (фирмы «Клариант», Швейцария) [34]. Также препарат перметрин включают в текстильный материал на разных этапах производства: при подготовке волокна, нити или на стадии получения готового изделия [35].

Приведенные технологии являются успешными, но имеют недостатки: возможное попадание субстанции в дыхательные пути человека в процессе распыления, применение препаратов, которые могут вызвать побочные эффекты у человека (ДЭТА), необходимость применения сложного герметичного аппаратного оформления и летучих органических веществ в качестве растворителей репеллентов, использование дорогостоящего импортного препарата, основой которого является перметрин (Санитайзед).

Рассмотрен процесс совмещения обработки текстильного материала перметрином с МСТ-β-CD циклодекстринами. Данный метод является экологически чистым. Хлопчатобумажную ткань отдельно обрабатывают циклодекстринами, а потом наносят средство от насекомых на основе перметрина. Обработанную ткань хранят в герметичной

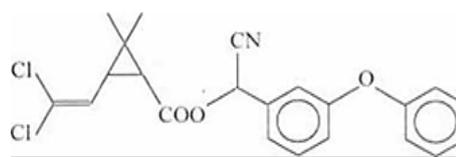


Рис. 9. Формула альфа-циперметрина



упаковке [35]. Такой способ обработки является эффективным, но дорогостоящим и сложным в аппаратурном оформлении.

В некоторых случаях используют способ нанесения на текстильный материал средства от комаров – N-N-диэтилбензамида методом текстильной печати [36]. Данный метод является перспективным, но имеется недостаточное количество данных, подтверждающее его эффективность в производстве, и нельзя исключать использование предконденсата термореактивных смол для фиксации данного вещества на текстильном материале. Проблема создания устойчивой акарицидно-репеллентной отделки заключается как в рациональном выборе наименее токсичного для человека и окружающей среды препарата, но вместе тем убивающего насекомых, так и в достижении его эффективной фиксации на текстильном материале. При этом выделение репеллента с поверхности текстильного материала должно проходить пролонгировано в течение времени, а эффект отделки должен быть устойчив к стирке.

Как наиболее эффективный акарицид предлагают использовать альфа-циперметрин, который, обладая высокими инсектицидными свойствами, сравнительно безвреден для человека и животных и имеет невысокую стоимость. Заключение альфа-циперметрина в микрокапсулу обеспечивает стабильность при возможном контакте с другими химическими веществами, светостойкость и безопасность для организма человека [37].

Кафедрой ХТВМ ИГТХУ (г. Иваново) совместно с предприятием «Объединение «СПЕЦИАЛЬНЫЙ ТЕКСТИЛЬ» (г. Шуя) разработана технология акарицидно-репеллентной отделки текстильных материалов препаратом на основе микрокапсулированного альфа-циперметрина. Препарат представляет собой дисперсию, которая содержит в своем составе микрокапсулы, состоящие из ядра с альфа-циперметрином, растворенном в нетоксичном масляном растворителе (оксиэтилированное рапсовое масло), и оболочки, сформированной из противоположно заряженных катионных и анионных полиэлектролитов и ПАВ. Периодическим или непрерывным способом текстильные материалы обрабатывают полученной дисперсией микрокапсул с последующей конвективной сушкой и послойной layer-by-layer иммобилизацией капсул на текстильном материале при помощи разноименно заряженных катионных и анионных полиэлектролитов или закрепителем «Тексоклен БЗУ-М» с последующей контактной сушкой.

Полученные образцы ткани идут на пошив защитных костюмов «Барьер-Инсекто», оснащенных дополнительной механической защитой в виде ловушек для клещей. Разработанная технология успешно прошла производственные и полевые испытания и внедрена в производство. Костюмы обеспечивают высокую защиту клещей (КЗД клещи = 98,2% при нормативном показателе не менее 98% и 97,5% от гнуса при нормативном показателе не менее 95%) [32, 38-40].

Выводы

Рассмотрен широкий спектр акарицидно-репеллентных препаратов и методы защиты человека от насекомых при их использовании. Отражены способы придания текстильным материалам акарицидно-репеллентных свойств, проанализированы достоинства и недостатки существующих технологий отделки тканей. Предложена технология



акарицидно-репеллентной отделки текстильных материалов на основе микрокапсулированного альфа-циперметрина, успешно внедренная в производство предприятия «Объединение «СПЕЦИАЛЬНЫЙ ТЕКСТИЛЬ»» (г. Шуя).

Список источников

1. **Singh D., Singh A.K.** Repellent and insecticidal properties of essential oils against housefly, *Musca domestica* L. // *Int. J. of Tropical Insect Science*. 1991. Vol. 12, no. 4. P. 487-491. DOI: 10.1017/S1742758400011401
2. **Seo J., Lee Y.G., Kim S.D. et al.** Biodegradation of the Insecticide N,N-Diethyl-m-Toluamide by Fungi: Identification and Toxicity of Metabolites // *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2005. Vol. 48, no. 3. P. 323-328. DOI: 10.1007/s00244-004-0029-9
3. **Benelli G., Caselli A., Canale A.** Nanoparticles for mosquito control: Challenges and constraints // *Journal of King Saud University-Science*. 2017. Vol. 29, no. 4. P. 424-435. DOI: 10.1016/j.jksus.2016.08.006
4. **Bonizzoni M., Gasperi G., Chen X., James A.** The invasive mosquito species *Aedes albopictus*: current knowledge and future perspectives // *Trends Parasitol.* 2013. Vol. 29, no. 9. P. 460-468. DOI: 10.1016/j.pt.2013.07.003
5. **Brown M., Hebert A.** Insect repellents: an overview // *J. Am Acad. Dermatol.* 1997. Vol. 36. P. 243-249. DOI: 10.1016/s0190-9622(97)70289
6. Picaridine - a new insect repellent // *Med. Lett.* 2005. Vol. 47. P. 46-47.
7. **Еремина О.Ю., Ибрагимхалилова И.В., Бендрышева С.Н.** Изучение контактного и фумигационного действия летучих пиретроидов на комнатных мух // *Пест-менеджмент*. 2012. Т. 84, № 4. С. 27-33.
8. **Баканова Е.И.** Инсектицидные средства против молей-кератофагов: анализ ассортимента по препаративным формам, действующим веществам, производителям за период с 2003 по 2009 гг. // *Пест-менеджмент*. 2010. № 4. С. 34-40.
9. **Xue R.D., Qualls W.A., Smith M.L., Gaines M.K., Weaver J.H., Debboun M.** Field evaluation of the off clip-on mosquito repellent (metofluthrin) against *Aedes albopictus* and *Aedes taeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) in northeastern Florida // *Med. Entomol. Journal*. 2012. Vol. 49 (3). P. 652-655. DOI: 10.1603/me10227
10. **Sugano M., Ishiwatari T.** The biological activity of a novel pyrethroid: metofluthrin // *Top. Curr. Chem.* 2012. Vol. 314. P. 203-220. DOI:10.1007/128_2011_259
11. **Nazimek T., Wasak M., Zgrajka W., Turski, W. A.** Content of transfluthrin in indoor air during the use of electro-vaporizers // *Ann. Agr. and Environ. Med.: AAEM*. 2011. Vol. 18, no. 1. P. 85-88.
12. **Yokohira M., Arnold L.L., Lautraite S., Sheets, L., Wason, S., Stahl, B., Eigenberg, D., Pennington, K.L., Kakiuchi-Kiyota, S., Cohen, S.M.** The effects of oral treatment with transfluthrin on the urothelium of rats and its metabolite, tetrafluorobenzoic acid on urothelial cells in vitro // *Food and Chem. Toxicol.* 2011. Vol. 49, no. 6. P. 1215-1223. DOI: 10.1016/j.fct.2011.02.022
13. **Костина М.Н., Мальцева М.М., Новикова Э.А., Рысина Т.З., Лубошникова В.М.** Электрофумигирующие средства против мух на основе вапортрина // *РЭТ-инфо*. 2007. № 1. С. 38-42.
14. **Мельников Н.Н., Швецова-Шиловская К.Д.** Синтез инсектицидов пиретринового ряда // *Химическая промышленность*. 1955. № 3. С. 50-61.
15. **Ткачев А.В.** Пиретроидные инсектициды - аналоги природных защитных веществ растений // *Соросовский образовательный журн.* 2004. Т. 8, № 2. С. 56-57.
16. **Naumann K.** Synthetic Pyrethroid Insecticides: Chemistry and Patents. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1990. 241 p. DOI: 10.1007/978-3-642-74852-3
17. **Кокшарёва Н.В., Вековщина С.В., Шушурина Н.А., Кривенчук В.Е.** Синтетические пиретроиды: механизм нейротоксического действия, поиск средств лечения острых отравлений // *Современные проблемы токсикологии*. 2000. № 3. С. 21-25.
18. **Попова Л.М.** Химические средства защиты растений: учеб. пособие. СПбГТУРП: СПб., 2009. 96 с.
19. **Белов Д.А.** Химические методы и средства защиты растений в лесном хозяйстве и озеленении: учеб. пособие. М.: МГУЛ, 2003. 128 с.



20. **Katz T.M., Miller J.H., Hebert A.A.** Insect repellents: historical perspectives and new developments // *J. Am. Acad. Dermatol.* 2008. Vol. 58, no. 5. P. 865-871. DOI: 10.1016/j.jaad.2007.10.005
21. **Goodyer L.I., Croft A.M., Frances S.P., Hill N., Moore S., Sangoro O., Debboun M.** Expert review of the evidence base for arthropod bite avoidance // *J. Travel Med.* 2010. Vol. 17, no. 3. P. 182-192. DOI:10.1111/j.1708-8305.2010.00402.x
22. **Зинченко В.А.** Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. М.: КолосС, 2005. 232 с.
23. **Разуваев А.В.** Комары? Нет, спасибо! // *Химия и жизнь.* 2012. № 5. URL: <https://hij.ru/read/issues/2012/may/1023/>
24. **Иванов А.В., Боев Ю.Г., Егоров В.И., Галяутдинова Г.Г.** Синтетические пиретроиды: опасность, профилактика и лечение отравлений животных. *Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Состояние и проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии в животноводстве».* Чебоксары, 1 января – 31 декабря 2004 г. Чебоксары: Чувашская гос. сельскохоз. акад., 2004. С. 94-100.
25. **Каспаров В.А., Промоненков В.К.** Применение пестицидов за рубежом. М.: Агропромиздат, 1990. 224 с.
26. **Mayya S., Schoeler B., Caruso F.** Preparation and organisation of nanoscale polyelectrolyte-coated gold nanoparticles // *Adv. Funct. Mater.* 2003. Vol. 13, no. 3. P. 183-188. DOI: 10.1002/adfm.200390028
27. **Möhwald H., Lichtenfeld H., Moya S. et al.** From polymeric films to nanocapsules // *Studies in Surface Science and Catalysis.* 2001. Vol. 132. P. 485-490. DOI: 10.1016/S0167-2991(01)82136-4
28. **Sukhorukov G.B., Donath E., Moya S., Susha A.S., Voigt A., Hartmann J., Möhwald H.** Microencapsulation by means of step-wise adsorption of polyelectrolytes // *Journal of Microencapsulation.* 2000. Vol. 17, no. 2. P. 177-185. <https://doi.org/10.1080/026520400288418>
29. **Одинцова О.И., Прохорова А.А. (Липина А.А.), Владимирцева Е.Л., Петрова Л.С.** Использование метода микроэмульсионного капсулирования для придания текстильным материалам акарицидных свойств // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2017. Т. 367, № 1. С. 332-336.
30. **Липина А.А., Одинцова О.И., Антонова А.С., Носкова Ю.В.** Оценка нанодисперсного состояния и агрегативной устойчивости экспериментальных образцов инкапсулированных акарицидно-репеллентных веществ // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2019. Т. 383, № 5. С. 130-135.
31. **Демченко И.В.** Специальные виды отделок и их влияние на свойства текстильных материалов для специальной одежды // *Инновационные технологии в сфере сервиса и дизайна: сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. Самарский гос. архитектурно-строит. ун-т.* Самара: Самарский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2015. С. 41-44.
32. **Королев С.В., Одинцова О.И., Липина А.А., Чернова Е.Н., Королев Д.С.** Разработка технологии акарицидно-репеллентной отделки текстильных материалов и ее успешное внедрение в производство инновационного предприятия «Объединение «СПЕЦИАЛЬНЫЙ ТЕКСТИЛЬ»» // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2019. Т. 384, № 6. С. 55-61.
33. **Морьганов А.П., Коломейцева Э.А., Кокшаров С.А.** Ресурсосберегающие технологии полифункциональной отделки технического текстиля // *Текстильная химия.* 2004. № 1. С. 23-33.
34. **Разуваев А.В.** Репеллентный препарат Санитайзед АМ 23-24 от кровососущих насекомых для отделки текстильных материалов и его поставщик ЗАО «КорХимКолор» // *Текстильная промышленность.* 2010. № 5. С. 42-43. URL: <https://rucont.ru/efd/146213> (дата обращения: 23.03.2022).
35. **Shahba A.F., Halawa O., Ragaei M., Hashem M.** Development of Longer-Lasting Insect Repellence Cellulosic Based Curtain Fabrics // *Materials Sciences and Applications.* 2011. Vol. 2, no. 3. P. 200-208. DOI: 10.4236/msa.2011.23025
36. **Tseghai G.B.** Mosquito Repellent Finish of Cotton Fabric by Extracting Castor Oil // *International Journal of Scientific & Engineering Research.* 2016. Vol. 7, no. 5. P. 873-878.
37. **Одинцова О.И., Прохорова А.А. (Липина А.А.)** Разработка технологии репеллентной отделки текстильных материалов // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX).* 2017. № 1. С. 18-23.
38. **Липина А.А., Одинцова О.И., Авакова Е.О.** Разработка нового способа репеллентной отделки текстильных материалов // *Сборник материалов конф. "Инновационное развитие легкой промышленности", Казань, КНИТУ.* Казань: КНИТУ, 2018. С. 31-34.



39. Липина А.А., Есина О.А., Смирнова А.С., Одинцова О.И. Оптимизация условий иммобилизации микрокапсул на текстильных материалах // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы. (SMARTEX)*. 2019. № 1-2. С. 110-113.
40. Липина А.А., Одинцова О.И., Есина О.А., Антонова А.С. Применение метода микрокапсулирования акарицидно-репеллентных веществ для создания защитной спецодежды. *Сборник материалов III Международной научно-практической конференции "Современные пожаробезопасные материалы и технологии", посвященной 370-й годовщине пожарной охраны России*. Иваново: ФГБОУ ВО "ИПСА ГПС МЧС России". 2019. С. 107-110.

Поступила в редакцию 02.03.2022

Одобрена после рецензирования 16.03.2022

Принята к опубликованию 21.03.2022