

## Метод определения фумигационной активности летучих пиретроидов

Еремина О.Ю.<sup>1</sup>, докт. биол. наук; Лека Н.А.<sup>1,2</sup>, Бендрышева С.Н.<sup>3</sup> канд. хим. наук

<sup>1</sup>ФБУН НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора, 117246, г. Москва, Научный проезд, д. 18, eremina\_insect@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина», 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23

<sup>3</sup>УК «БИОГАРД», Центр инноваций и разработок, svetlanabendrysheva@bioguard.ru

**Исследована эффективность в отношении платяной моли трансфлутрина и эмпентрина при пассивном испарении с пластин. Разработан метод определения сравнительной фумигационной активности летучих пиретроидов с использованием модельного объекта – имаго комнатных мух. Установлено, что степень инсектицидного действия зависит от химического строения инсектицида, его летучести, дозы действующего вещества, площади пластины.**

**Ключевые слова:** трансфлутрин, эмпентрин, фумигационная активность, платяная моль, комнатная муха.

Инсектицидные средства для уничтожения моли в виде пропитанных летучими инсектицидами картонных пластин широко используют во всем мире. В процессе испарения с пластины действующее вещество выходит в воздух и поражает бабочек и гусениц платяной моли, вызывая их гибель. В качестве действующих веществ (ДВ) в подавляющем большинстве средств такого рода содержатся пиретроиды эмпентрин или трансфлутрин [1, 10-13]. Следует отметить, что на основе этих ДВ существует и ряд средств в виде жидкостей или пластин для электрофумигаторов, предназначенных для уничтожения комнатных мух.

Известно, что трансфлутрин в сравнении с эмпентрином более инсектициден при различных путях проникновения в организм насекомых. Так, для комнатных мух трансфлутрин в 10 раз более инсектициден, чем эмпентрин, скорость наступления паралича комнатных мух при контакте с эквивалентными концентрациями отложений инсектицидов на стекле выше в 5 раз. Известно, что эмпентрин в 15,5 раз превосходит по летучести трансфлутрин (давление насыщенных паров 14,0 мПа и 0,9 мПа, соответственно). Однако при пассивном испарении этих инсектицидов с пластин паралич у комнатных мух при действии трансфлутрина наступает в 2-2,5 раза быстрее. Сравнение фумигационного действия на комнатных мух жидкостей для электрофумигатора, содержащих одинаковые концентрации ДВ, также показало, что нокдаун 50% особей наступает

в 4 раза быстрее при действии трансфлутрина, чем эмпентрина [3].

Целью работы явилась разработка метода сравнительной оценки инсектицидного действия летучих пиретроидов при пассивном испарении с пластин.

**Материалы и методы.** В настоящем исследовании использовали бабочек платяной моли *Tineola bisselliella* (Humm.) и имаго комнатных мух *Musca domestica* L. чувствительной расы Cooper (3-6-дневного возраста, массой 18,1±1,75 мг/особь без разделения по полу), культивируемые в ФБУН НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора. Разведение платяной моли вели согласно ГОСТ 9.055-75 [6], комнатных мух – по методу В. И. Вашкова [2, 8].

Использовали лабораторные образцы пластин приготовленные в Центре инноваций и разработок УК «Биогард» пропитанные инсектицидами группы пиретроидов – трансфлутрином [(2,3,5,6-тетрафторфенил) метил (1R,3S)-3-(2,2-дихлорэтил)-2,2-диметилциклопропан карбоксилат] – (99,9% ДВ, Германия) и d-эмпентрином [(RS)-1-этинил-2-метилпент-2-енил (1R) транс-хризантемат) (95% ДВ, Китай).

Испытания фумигационной активности антимольных пластин в отношении бабочек моли проводили согласно Руководству Р 4.2.2643-10 в картонных коробах объемом 82 л [7]. Фумигационное действие пластин в отношении комнатных мух изучали путем подвешивания пропитанных инсектицидами картонных пластин в среднюю

Таблица 1

**Сравнение фумигационной активности трансфлутрина и эмпентрина на бабочек платяной моли в экспериментальном объеме 82 л**

Доза, мг ДВ/пластину	Смертность, % через ... сутки			
	1	3	5	7
Эмпентрин				
165	75,0±5,0	100	100	100
210	85,0±5,0	100	100	100
300	90,0±10,0	100	100	100
Трансфлутрин				
7,5	15,0±1,8	66,7±8,2	71,4±8,3	89,0±9,3
25	83,3±12,1	100	100	100
34	90,0±3,5	100	100	100
Контроль				
–	0	0	10,1±1,3	25,4±2,3

Таблица 2

**Фумигационное действие на бабочек моли трансфлутрина и эмпентрина при их пассивном испарении с картонных пластин, пропитанных пиретроидами (доза 50 мг на пластину площадью 49 см<sup>2</sup>) в стеклянных сосудах разного объема**

ДВ	Срок наступления глубокого паралича, час			
	Сосуд 5 л		Сосуд 10 л	
	ГПТ <sub>50</sub>	ГПТ <sub>95</sub>	ГПТ <sub>50</sub>	ГПТ <sub>95</sub>
Трансфлутрин	0,67±0,07	2,0±0,21	2,0±0,20	6,0±0,30
Эмпентрин	0,75±0,10	3,0±0,30	3,0±0,35	6,4±0,45
Контроль	Проявления паралича отсутствуют			

**Примечание:** ГПТ<sub>50</sub> (95) – время наступления глубокого паралича у 50% (95%) особей

часть сосудов разного объема (5, 10 и 45 л). Имаго комнатных мух (по 100-150 шт.) или бабочек платяной моли (по 30-50 шт.) выпускали в сосуды и фиксировали время наступления паралича с интервалом 5-15 мин. в течение 1 часа и далее каждые 30 мин в течение 6-7 часов. Далее пластины изымали из сосудов. Гибель насекомых учитывали через 24 часа. Рассчитывали показатели – КТ<sub>50</sub> и КТ<sub>95</sub> – времени, в течение которого у 50% (95%) насекомых в эксперименте наступает состояние нокдауна (паралича).

Повторность опытов трехкратная. Опыты проводили при постоянной температуре воздуха (23±2°C) и относительной влажности >50%. Статистическую обработку полученных данных вели с помощью компьютерной программы «Статистика».

**Результаты и обсуждения.** Сравнение фумигационной активности картонных пластин на основе эмпентрина и трансфлутрина, проведенное в коробах объемом 82 л, в отношении бабочек моли показало, что действие обоих пиретроидов

приводит к гибели 80-90% имаго уже через одни сутки эксперимента, обеспечивая 100%-ную эффективность средств на вторые-третьи сутки.

Выявлена зависимость скорости отравления насекомых от содержания ДВ в пластине. Так, при содержании трансфлутрина 34 мг/пластину на 2-е сутки эксперимента погибли все бабочки моли в опыте, а при 7,5 мг – даже после 7 суток эксперимента смертность насекомых составила около 90%. Инсектицидная активность эмпентрина в отношении имаго платяной моли также повышалось при увеличении его содержания в средстве, но не столь значительно (табл. 1).

Известно, что соединения группы пиретроидов вызывают у насекомых состояние нокдауна – быстрого паралича, проявляющегося при поступлении малых доз вещества. Интенсивность проявления симптомов отравления зависит от вида насекомых, действующего вещества, способа нанесения и температуры. Показателем наступления нокдаун-эффекта служит время, необходимое для проявления видимых симптомов отравления.

Таблица 3

**Скорость наступления нокдаун-эффекта у имаго комнатных мух при пассивном испарении ДВ в сосудах разного объема**

Доза, мг ДВ/пластину	Площадь пластины, см <sup>2</sup>	Объем экспериментального сосуда, л					
		5		10		45	
		Показатели инсектицидности, час					
		КТ <sub>50</sub>	КТ <sub>95</sub>	КТ <sub>50</sub>	КТ <sub>95</sub>	КТ <sub>50</sub>	КТ <sub>95</sub>
Трансфлутрин							
7,5	55	0,87±0,09	2,00±0,11	2,17±0,30	24,00±2,0	нд	нд
34	55	0,22±0,06	0,35±0,05	0,38±0,05	0,97±0,12	6,8± 0,90	24,0
50	50	0,15±0,05	0,37±0,03	0,40±0,04	1,00 ±0,15	–	–
Эмпентрин							
50	50	0,33±0,04	0,67±0,04	0,63 ±0,06	1,83 ±0,20	–	–
210	50	0,30±0,04	0,77±0,08	0,66±0,07	2,30±0,33	–	–
300	68	0,27±0,10	0,47±0,05	0,83±0,10	1,33±0,20	9,0± 1,2	24,0
Контроль							
–	–	Проявления паралича отсутствуют					

Оценка инсектицидной (в т.ч. и фумигационной) активности пиретроидов базируется на сравнении нескольких показателей – КТ<sub>50</sub> и КТ<sub>95</sub> – времени, в течение которого у 50% (95%) насекомых в эксперименте наступает состояние нокдауна (паралича) и показателя, характеризующего обратимость состояния паралича – доли оставшихся в живых особей при учете через 24 часа [4, 5; 9].

В экспериментальных сосудах (5 и 10 л) пассивное испарение летучих пиретроидов с картонных пластин в дозе 50 мг/пластину приводит к парализации бабочек моли очень быстро. Наступление паралича было зафиксировано в течение 1-3-х минут. Изменившееся поведение бабочек (отсутствие полетов, скопление на дне экспериментальных сосудов) не позволило выявить различий между действием эмпентрина и трансфлутрина по показателям наступления нокдаун-эффекта. В связи с этим в экспериментах учитывали только время наступления состояния глубокого паралича (ГПТ), который характеризовался полным отсутствием видимых движений насекомых (табл. 2).

В сосудах объемом 5 л пиретроиды вызывали глубокий паралич у 50% бабочек в течение 0,67-1,1 часа и у 95% насекомых в течение 2-4 часов. Аналогичные данные получены и в сосудах объемом 10 л.

Эксперименты, проведенные на бабочках платяной моли, позволили выявить большую инсектицидность трансфлутрина в сравнении с эмпентрином. Показано, что эффективность фумигационного действия зависит от содержания действующих веществ, и от объема экспе-

риментального сосуда. Однако на данном тест-объекте (бабочках платяной моли) оказалось невозможным определить время наступления нокдаун-эффекта – одной из важнейших характеристик инсектицидности пиретроидов. Для определения этого показателя предложен классический модельный объект – имаго комнатных мух, часто применяемый для изучения различных вопросов физиологии и биохимии насекомых, а также энтомотоксикологии, в частности при оценке различных типов действия известных и потенциальных инсектицидов. Проявление состояния нокдауна у комнатных мух при воздействии пиретроидов характеризуется неспособностью насекомого ползти вверх по вертикальной стенке стеклянного сосуда и легко фиксируется в эксперименте.

В результате эксперимента получены достоверные различия в скорости наступления нокдаун-эффекта у комнатных мух при пассивном испарении пиретроидов разного химического строения. Трансфлутрин в сравнении с эмпентрином является более эффективным при испытании во всех вариантах опытов независимо от объема экспериментального сосуда (табл. 3).

В сосудах объемом 5 л зафиксированы наименьшие различия в действии летучих пиретроидов на имаго комнатных мух. При использовании сосудов объемом 45 л признаки проявления паралича наступали значительно позже – через 6-9 часов в зависимости от изучаемого вещества. Сосуды объемом 10 л были признаны нами как наиболее подходящие для сравнительных эн-

Таблица 4

**Зависимость скорости наступления нокдаун-эффекта у комнатных мух от дозы трансфлутрина, при одинаковой площади пластины (40 см<sup>2</sup>), в сосудах объемом 10 л**

Доза, мг ДВ /пла- стину	Показатели инсектицидности			Живых насекомых через 24 часа, %
	КТ <sub>1</sub> , час	КТ <sub>50</sub> , час	КТ <sub>95</sub> , час	
1	2,00±0,2	4,25±0,3	6,50±1,1	1,4±0,5
5	0,41±0,02	2,25±0,2	5,25±0,7	0
10	0,21±0,03	0,87±0,04	1,5±0,01	0
20	0,08±0,01	0,83±0,03	1,5±0,03	0
50	0,08±0,01	0,76±0,09	1,5±0,03	0
Контроль	Проявления паралича отсутствуют			93,3±5,7

Таблица 5

**Зависимость скорости наступления нокдаун-эффекта у имаго комнатных мух при пассивном испарении эмпентрина от площади пластины и содержания ДВ в сосудах объемом 10 л**

Доза, мг ДВ /пла- стину	Площадь пластины, см <sup>2</sup>	Показатели инсектицидности		Живых насекомых через 24 часа, %
		КТ <sub>50</sub> , мин	КТ <sub>95</sub> , мин	
37	15	25,0±3,0	45,0±3,9	25,8±3,0
55		35,0±3,5	40,0±4,0	13,7±2,0
74	30	17,0±1,9	25,0±3,1	4,0±0,5
110		17,0±1,1	30,0±2,7	2,1±0,5
166	45	13,0±1,7	32,0±2,8	5,2±1,1
		10,0±0,9	25,0±2,5	4,8±1,9
Контроль	–	Проявления паралича отсутствуют		95,8±1,9

томологических исследований фумигационной активности пиретроидов как по затратам времени на проведение экспериментов, так и по возможности достоверно различать время наступления состояния нокдауна в зависимости от концентрации действующих веществ. В дальнейших опытах использовали только их.

Выявлена зависимость скорости наступления нокдаун-эффекта у комнатных мух от дозы трансфлутрина, нанесенного на пластину (табл. 4). Следует отметить, что в диапазоне высоких доз трансфлутрина (20-50 мг/пластину) отсутствовали различия по показателю начала наступления состояния паралича у 1 % особей (КТ<sub>1</sub>), в диапазоне 10 – 50 мг/пластину – по показателям наступления состояния паралича у 50% особей (КТ<sub>50</sub>) и 95% особей (КТ<sub>95</sub>). Эти данные свидетельствуют о быстром испарении ДВ с пластин и насыщении объема экспериментального сосуда концентрациями инсектицида, превышающими средне-смертельные.

Обратимость паралича выявлена у насекомых только при наименьшей из испытанных доз трансфлутрина – 1 мг/пластину, в остальных вариантах

эксперимента живые насекомые при учете через 24 часа отсутствовали.

При одинаковой площади пластины на скорость проявления нокдаун-эффекта влияло содержание ДВ (эмпентрина). При увеличении содержания ДВ в 1,5 раза снижались значения КТ<sub>50</sub> и КТ<sub>95</sub>, а также практически вдвое уменьшалась доля выживших в эксперименте мух при учете через 24 часа (табл. 5).

Сравнение скорости наступления нокдаун-эффекта у комнатных мух при испарении ДВ с картонных пластин разной площади показало, что с увеличением площади пластины в 1,5 раза скорость наступления паралича возрастает в 4 раза (табл. 6).

Многие антимолевые средства в виде пластин снабжены пластмассовыми держателями с крючком, для подвешивания их в платяных шкафах. Поскольку держатель частично закрывает пластину, мы предположили, что он может препятствовать выходу ДВ в воздух, снижая эффективность средства.

При сравнительном испытании фумигационного действия пластин, содержащих 210 мг

Таблица 6

**Зависимость скорости наступления нокдаун-эффекта у имаго комнатных мух при пассивном испарении эмпентрина (210 мг ДВ/пластину) с пластин из фильтровального картона от размера и дизайна держателей в сосудах объемом 10 л**

Наличие держателя	Площадь пластины, см <sup>2</sup>	Показатели инсектицидности	
		КТ <sub>50</sub> , мин	КТ <sub>95</sub> , мин
Пластина, закрытая держателем на 60%	25	20,0±3,5	90,0±10,0
Открытая пластина	25	20,0±2,9	40,0±5,0
Пластина, закрытая держателем на 30%	40	10,5±1,5	15,0±2,0
Открытая пластина	40	5,0±0,6	10,0±1,1
Контроль	–	Проявления паралича отсутствуют	

Таблица 7

**Зависимость скорости наступления нокдаун-эффекта у имаго комнатных мух от наличия полупроницаемой мембраны, закрывающей пластины (в сосудах объемом 10 л)**

ДВ мг/пластину	Площадь пластины, см <sup>2</sup>	Полупроницаемая мембрана	Показатели токсичности		Живых мух через 24 часа, %
			КТ <sub>50</sub> , мин	КТ <sub>95</sub> , мин	
Трансфлутрин					
25	17,5	отсутствует	50,0±6,0	75,0±8,0	24,2±13,0
		присутствует	190,0±20,0	Более 600	18,2±10,0
Эмпентрин					
165	17,5	отсутствует	35,0±4,0	50,0±5,0	10,0±2,5
		присутствует	120,0±15,0	300,0±35,0	8,1±2,8
Контроль					
–	–	–	Проявления паралича отсутствуют		90,3±10,1

эмпентрина, показано значительное влияние пластмассового держателя пластин на показатели инсектицидности средства. Так, при испытании пластины, закрытой держателем на 30% – 50% имаго мух были поражены в течение 10 мин., при том, что у пластины, не закрытой держателем, время поражения этой же доли насекомых составила 5 мин. Поражение 95% мух также было несколько замедленным – показатель КТ<sub>95</sub> достигнут за 15 мин. – на 5 мин. дольше, чем у полностью открытой пластины. Для пластины полностью открытой и закрытой на 60% плотным держателем, показано, что хотя их эффективность не различалась по показателю КТ<sub>50</sub> (50% имаго мух были поражены за 20 мин), показатель КТ<sub>95</sub> был достоверно выше при отсутствии держателя: нокдаун-эффект наступал в 2,25 раза быстрее (табл. 6).

В некоторых антимолевых средствах картонная пластина закрыта полупроницаемой мембраной, предназначенной для предохранения пользователя от контакта с обработанной инсектицидом пластиной. Предполагается, что мембрана не должна влиять на эффективность

средства. Нами оценено влияние полупроницаемой мембраны на скорость испарения ДВ и обратимость паралича у насекомых. Наличие полупроницаемой мембраны, несомненно, влияет на показатели КТ<sub>50</sub> и КТ<sub>95</sub>. Так, наличие мембраны у пластин с трансфлутрином приводило к увеличению показателей КТ<sub>50</sub> и КТ<sub>95</sub> (на 140 мин. и на 525 мин., соответственно) по сравнению с пластинами без мембраны. Аналогичные данные получены и при изучении закрытых полупроницаемой мембраной пластин с эмпентрином (увеличение показателей КТ<sub>50</sub> на 85 мин., КТ<sub>95</sub> – на 250 мин.). Следует отметить, что наличие или отсутствие полупроницаемой мембраны в средствах, не влияет на смертность насекомых и, соответственно, на эффективность пластин, а только замедляет проявление симптомов отравления (табл. 7).

Проведенные эксперименты показывают, что фумигационная активность средств в виде пластин, пропитанных инсектицидами, зависит как от химического строения примененного ДВ, его концентрации в пластинах, площади открытой поверхности в пластине, так и от вида насекомого.

Полученные в ходе экспериментов результаты согласуются с данными литературы [14].

На основании проведенного исследования для оценки эффективности антимолевых средств в виде картонных пластин, пропитанных летучими инсектицидами выбран модельный тест-объект – имаго комнатной мухи. При этом исследования должны проводиться в стеклянных сосудах объемом 10 л. Предложены следующие показатели эффективности: наступление нокдауна у 95% особей в течении 3-6 часов, смертность насекомых при учете через 24 часа – не менее 80%.

Разработанный метод позволяет определить: эффективность антимолевых пластин; влияние полупроницаемых мембран на инсектицидность пластин; выбрать наиболее подходящую основу; рекомендовать площадь пластин; форму и дизайн держателей, не мешающих выходу ДВ в воздух.

### Список использованной литературы

**1. 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.

**2. Васьков В. И.** Методика исследования дезинфекционных, дезинсекционных и дератизационных препаратов. М.: Медгиз. 1961. С. 168-170.

**3. Еремина О. Ю., Ибрагимхалилова И. В., Бендрышева С. Н.** Изучение контактного и фумигационного действия летучих пиретроидов на комнатных мух. // Пестменеджмент 2012. №4. С.27-33.

**4. Еремина О. Ю., Рославцева С. А., Перегуда Т. А.** Экспресс метод выявления КДР фактора у комнатных мух. // Химия в с/х. 1985. №5. С.37-40.

**5. Еремина О. Ю., Рославцева С. А., Собчак М. Н., Сабирова Д. У.** Изучение нокдаун-эффекта пиретроидов для полезных насекомых. // Агрохимия. 1985. № 11. С.108- 112.

**6. ГОСТ 9.055–75 Ткани шерстяные.** Метод лабораторных испытаний на устойчивость к повреждению молью. 01.07.76. М.: Изд-во стандартов. 1977. С. 2-5.

**7. Методы лабораторных исследований и испытаний** дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности. Руководство Р 4.2.2643-10. М. Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2011. 615 с.

**8. Рославцева С. А.** Методы определения инсектоакарицидной активности и методы разведения биотестов в лабораторных условиях. Обзорная информация. Сер. Химические средства

защиты растений. М.: НИИТЭХИМ, ВНИИХСЗР, 1978. С.26-27.

**9. Рославцева С. А., Еремина О. Ю., Перегуда Т. А.** Особенности действия пиретроидов на комнатных мух (Diptera) и синантропных тараканов (Blattoptera) // Энтомологическое обозрение. Т.70. Вып.1. 1991. С.3-13.

**10. Рославцева С. А., Перегуда Т. А., Шалатилова А. Г.** Препараты для защиты шерсти и изделий из нее от насекомых кератофагов в условиях быта // Дездело. 1996. №4 С. 51-55.

**11. Шалатилова А. Г., Перегуда Т. А., Тимофиевская Л. А.** Новое средство для защиты кератинсодержащих материалов от повреждения молью // Пятая международная научно-практическая конференция «Современные проблемы биологических повреждений материалов» (Биоповреждения 2002). Пенза. 2002. С.71-73.

**12. Cox P. D.** Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation // J. of stored products research. 2004. V. 40. P. 1-25.

**13. Tsuda S., Yoshida K., Okuno Y.** Empenthrin for fabric pest control // Soap, cosmetics, chemical specialties. 1983. V. 12. P. 233-240.

**14. Yoshida K., Tsuda S., Okuno Y.** Practical application of empenthrin as a mothproofing agent of textile / SEN-I Gakkaishi. 1984. P.122-129.

### Method of the volatile pyrethroids fumigant activity determination

*Eremina O. Yu.<sup>1</sup>, Doctor of Biology; Leka N. A.<sup>1,2</sup>, Bendisheva S. N.<sup>3</sup> PhD (Chem.)*

<sup>1</sup>*Federal budgetary institution «Research Institute of Disinfectology»,  
ROSPOTREBNADZOR insect@mail.ru*

<sup>2</sup>*K. I. Skryabin's Moscow state Veterinary medicine and biotechnology academy*

<sup>3</sup>*«UK Biograd», Center of innovations and developments  
svetlanabendrysheva@bioguard.ru*

The transfluthrin and empenthrin efficiency to clothes moth under the passive evaporation from the plates have been studied. Using the house flies imagoes the comparison method of volatile pyrethroids fumigation activities has been carried out. The degree of insecticidal activity was found to depend on the chemical structure of the insecticide, its volatility, the dose of the active substance and the plate area.