

СРАВНЕНИЕ КОНТАКТНОГО И КИШЕЧНОГО ДЕЙСТВИЯ НЕОНИКОТИНОИДОВ ДЛЯ КОМНАТНЫХ МУХ *MUSCA DOMESTICA L*

Ибрагимхалилова И.В., Еремина О.Ю., ФГУН НИИ Дезинфектологии

Приведены результаты лабораторных экспериментов по изучению инсектицидности для комнатных мух имидаклоприда, ацетамиприда, тиаметоксама и тиаклоприда и их препаративных форм. Изучено кишечное действие ДВ и препаративных форм неоникотиноидов, введенных в сухие и жидкие сахарные приманки. Полученные результаты свидетельствуют о предпочтительности использования неоникотиноидов в виде отравленных приманок.

Некрорососущие синантропные мухи являются механическими переносчиками возбудителей кишечных инфекционных заболеваний. Комнатная муха *Musca domestica L.* – основной переносчик возбудителей кишечных инфекций и инвазий. Бактерии брюшного тифа, паратифа В, дизентерии, холерный вибрион, дифтерийная палочка, туберкулезная палочка, споры сибирской язвы выживают на теле или в организме мух в течение нескольких дней. Эпидемиологическую опасность представляет и зараженность мух яйцами гельминтов [3].

Один из способов борьбы с комнатными мухами – их уничтожение с помощью отравленных приманок. Новой группой действующих веществ, используемых в приманках, являются неоникотиноиды. По данным фирмы „Байер“, имидаклоприд высокоотоксичен для мух при оральном пути поступления в организм и относительно малотоксичен при нанесении его ацетоновых растворов на поверхность тела. Этот факт предопределил использование имидаклоприда в форме приманок для уничтожения мух. Для тиаметоксама, по данным фирмы „Новартис“, $СД_{50}$ при топикальном нанесении составляет 15-45 мкг/г и 30-60 мкг/г сахарной приманки при пероральном поступлении.

Испытания, проведенные во многих странах, показали высокую эффективность 0,5% гранулированной сахарной приманки на имидаклоприде в отношении комнатных мух. Приманки привлекают все виды мух, для которых аттрактантом является сахар (сем. Muscidae, Drosophilidae, Calliphoridae) [4].

В США испытания 10% гранулированной приманки на имидаклоприде в лабораторных условиях показали 100% поражение насекомых в течение 24 часов и более быструю в сравнении с приманкой на метомиле смертность. В производственных условиях на птицефабрике приманки с имидаклопридом оказались значительно более эффективны (в 3,8 раза) в сравнении с приманками

на метомиле, обеспечивая более быстрое уничтожение мух и лучший контроль за популяцией в течение 4 недель [7]. Эта же приманка была испытана на свиных фермах в Германии методами опрыскивания и нанесения кистью. В открытых помещениях популяция мух была частично подавлена. Численность мух снизилась с 200 до 50 мух на животное в течение 1 недели. Обработка приманкой стен в концентрации 250 г/100 м² привела к почти полному уничтожению резистентной к пиретроидам популяции мух в течение 3 недель после обработки. Благодаря тому, что механизм действия неоникотиноидов отличается от такового у производных карбаминной кислоты и фосфорорганических соединений (ФОС), мультирезистентные популяции комнатных мух не проявляли значительного уменьшения чувствительности к приманкам на имидаклоприде [5]. Однако при топикальной обработке инсектицидом расы комнатных мух AVER и LPR показали значительную кросс-резистентность к имидаклоприду. Рядом исследователей показано участие монооксигеназ в механизмах детоксикации имидаклоприда в организме комнатных мух. Синергист ППБ, ингибитор монооксигеназ, снижал уровень устойчивости мух AVER с >4,2х до 0,5х, что свидетельствует об ответственности системы монооксигеназ за развитие резистентности у этой расы [6].

Материалы и методы. В опытах по определению контактного действия инсектицидов использовали сытых комнатных мух *Musca domestica L.* чувствительной культуры Соорег 3-6-дневного возраста без разделения по полу. Растворы инсектицидов готовили в ацетоне в виде серий логарифмически снижающихся концентраций, используя в опытах не менее 5 концентраций. Раствор инсектицида по 1 мкл наносили на среднеспинку мух, анестезированных диэтиловым эфиром. Мух, лежащих на спине, неспособных самостоятельно перевернуться, относили к

погибшим. Учет смертности проводили через 24 часа и определяли показатели $СК_{50}$ ($СК_{95}$) % и $СД_{50}$, ($СД_{95}$) мкг/г, мкг/муха.

Изучение токсичности отложений неоникотиноидов для мух проводили в стеклянных биологических пробирках, обработанных ацетоновыми растворами ДВ в норме расхода 1 мл/дм². Пробирки высушивали теплым потоком воздуха при постоянном вращении. Подсадку мух вели через 24 часа после обработки пробирок. Насекомые контактировали с отложениями инсектицидов в течение 15, 30 и 60 минут, после контакта насекомых переносили в чистые садки (пластиковые бутылки объемом 400 мл со срезанным и затянутым марлей дном, снабженные тампонами с водой), одновременно учитывая их поражение. Учеты вели в интервале от 1 часа до 6 часов и далее через 24 часа.

Для определения кишечного действия инсектицидов использовали голодных комнатных мух 3-6-дневного возраста. За 16 часов до начала эксперимента у мух отнимали корм, оставляя в садках только воду. Ацетоновыми растворами инсектицида обрабатывали кубики быстрорастворимого сахара (рафинада) из расчета 0,5 мл на кубик, высушивали при комнатной температуре несколько часов. Рассчитывали дозу в мг ДВ/г сахара (мкг ДВ/мг сахара). Для предотвращения контакта лапок мух с обработанным сахаром ставили аналогичный опыт с приманкой, защищенной мелкойачеистой сеткой (фатином). Сетка плотно прилегала к кубику сахара, позволяя мухам передвигаться по нитям не касаясь приманки конечностями. В контроле использовали сахар, обработанный растворителем в том же объеме, что и в опытном варианте. В качестве емкостей для содержания мух использовали прозрачные пластиковые бутылки объемом 2 л со срезанным дном, закрытым марлевой салфеткой, закрепленной резиновым кольцом. Бутылку размещали горизонтально, в горлыш-

Таблица 1

Токсичность неоникотиноидов для комнатных мух при использовании различных растворителей и коэффициент проницаемости ($K_{пр}$) (учет через 24 часа)

ДВ	Топикальное нанесение СД ₅₀ , мкг/г		K _{пр} а/а+м
	Ацетон	Ацетон + масло	
Имидаклоприд	350	6,7	52,2
Тиаклоприд	303	15,2	20,0
Ацетамиприд	28	2,7	10,4
Тиаметоксам	13,3	2,7	4,9

Примечание: а – ацетон; а+м смесь ацетона и масла 4:1

ко помещали ватный тампон, смоченный водой, а в середину бутылки – кубик рафинада на подложке (чашки Петри диаметром 4 см) без сетки или с сеткой. Мух, лежащих на спине, неспособных самостоятельно перевернуться, относили к погибшим. Учет смертности проводили через 24 и 48 часов и определяли показатели $СК_{50}$ ($СК_{95}$) в мкг/мг приманки и $СД_{50}$ ($СД_{95}$) мкг/муха.

Жидкие приманки готовили из препаративных форм неоникотиноидов, добавляя водные растворы инсектицидов в 10% раствор сахара в воде, приманки и голодных 3-6-дневных мух по 100 штук помещали в марлевые садки объемом 27 л.

С каждой концентрацией инсектицида проводили 3 опыта не менее, чем в 3 повторностях. Опыты проводили при постоянной температуре воздуха ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) и относительной влажности 60-70%. Полученные данные обрабатывали статистически по П.В.Попову [1].

В экспериментах использовали имидаклоприд 95,5% (Китай), тиаметоксам 95% (Китай), ацетамиприд 97,3% (Китай) и препаративные формы имидаклоприда – Конфидор 20% ВРК (Байер, Германия), тиаметоксама – Актара 25% ВДГ (Сингента, Швейцария), ацетамиприда – Моспилан 20% РП (Ниппон Сода, Япония), тиаклоприда – Калипсо 48% КС (Байер, Германия).

Результаты и обсуждение.

1. Контактное действие

Установлено, что культура комнатных мух Соорег, культивируемая в НИИД, по чувствительности к имидаклоприду при топикальном нанесении (4950 нг/насекомое) устойчивее, чем культуры *CS*, использующейся Ассоциацией производителей химических товаров (США) (2400 нг/насекомое) [6]. Комнатные мухи проявляют большую устойчивость к имидаклоприду, причем, если показателя $СК_{50}$ еще можно достичь, повышая концентрацию имидаклоприда в ацетоне, то показателя $СК_{95}$ – практически достичь невозможно, поскольку предельная раствори-

мость его в ацетоне около 4%, а смертность от этой концентрации – 62,5%. Тангенс угла наклона кривой „концентрация–смертность“ менее 1,00 и в разных опытах несколько концентраций в интервале 0,5-2% могут оказывать одинаковое действие на мух – смертность составляет около 50%.

При применении в качестве растворителя ацетона при топикальном нанесении на мух самым токсичным оказался тиаметоксам ($СД_{50}$ 13,3 мкг/г массы насекомых). Токсичность ацетамиприда была ниже ($СД_{50}$ 28,0 мкг/г), а наименее токсичен для мух были имидаклоприд и тиаклоприд – $СД_{50}$ 350 и 303 мкг/г, соответственно. При добавлении в растворитель масла (в соотношении 4:1) токсичность неоникотиноидов повысилась. Самую высокую токсичность проявили тиаметоксам и ацетамиприд ($СД_{50}$ 2,67 мкг/г), а наименее токсичным оказались имидаклоприд и тиаклоприд ($СД_{50}$ 6,67 и 15,20 мкг/г, соответственно). Приведенные в табл. 1 коэффициенты проницаемости ($K_{пр}$) свидетельствуют о том, что проницаемость покровов для инсектицидов увеличивается в 4,9-52,2 раза при добавлении к растворителю масла. Следует отметить, в наибольшей степени токсичность повышалась для имидаклоприда (в 52 раза) и тиаклоприда (в 20 раз). Токсичность ацетамиприда повышалась в 10 раз, а тиаметоксама – только в 5 раз. Полученные данные свидетельствуют о том, что тиаклоприд и особенно имидаклоприд хуже проникают через кутикулу комнатных мух, чем ацетамиприд и самый липофильный тиаметоксам. Таким образом, способность неоникотиноидов проникать через кутикулу насекомых зависит от химического строения и обратно пропорциональна коэффициенту распределения октанол/вода.

При 15-минутном контакте комнатных мух со стеклянными поверхностями, обработанными имидаклопридом или тиаклопридом отложения этих инсектицидов, оказались неэффективными. Действие тиаметоксама было более выражено, однако в концентрации 10

мг/дм² он обеспечивал только 50% поражение насекомых в период 2-6 часов после подсадки. Через 24 часа поражение снизилось до 30%. Ацетамиприд был более токсичен в концентрации 10 мг/дм², обеспечивая 100% поражение мух в период 30 мин – 4 часа, однако начиная с 5 часов его действие начинало снижаться, достигнув 60% через 24 часа.

При увеличении времени контакта мух с отложениями ДВ до 30 минут действие инсектицидов было более выражено. Токсическое действие имидаклоприда и тиаклоприда выразилось в 40%-м поражении мух в период 1-5 часов, однако к 24 часам отравление оказалось полностью обратимым. Токсичность ацетамиприда также повысилась – 50% поражение насекомых наблюдали при концентрации 0,1 мг/дм² и 90% – при концентрациях 1 и 10 мг/дм². Действие его было практически полностью обратимым и через 24 часа в концентрации 10 мг/дм² смертность мух составила 40%, а 0,1 мг/дм² – 30%. Тиаметоксам оказал наибольшее действие на мух: 50% поражение насекомых наблюдали в концентрации 0,1 мг/дм² и 100% при концентрациях 1 и 10 мг/дм². Обратимость действия практически отсутствовала, и через 24 часа в концентрациях 1 и 10 мг/дм² смертность мух составила 80%.

Как и следовало ожидать, увеличение времени контакта насекомых с отложениями инсектицидов до 60 минут увеличило поражение насекомых, однако токсическое действие имидаклоприда и тиаклоприда снова оказалось практически полностью обратимым. Ацетамиприд в концентрациях 1 и 10 мг/дм², несмотря на высокое поражение насекомых в период от 30 мин до 5 час (100%) также обладал обратимым действием, и смертность насекомых через 24 часа составила 40 и 50%, соответственно (рис. 1).

1. Кишечное действие

Сухие приманки. Для сравнения количества поглощенного мухами сахара было поставлено два варианта опытов – приманка без сетки и приманка, защищенная сеткой. Существенной разницы в массе поглощенного сахара между вариантами не обнаружено. Установлено, что мухи активно питались в течение 5 часов, масса поглощенного сахара достигла максимума и составила $1,50 \pm 0,18$ мг/муху. При учете через 24 часа средняя масса мух снизилась в результате экскреции (процессов выделения), и Д массы составила $1,35 \pm 0,20$ мг/муху. Для сравнения величин $СК_{50}$ при контактном (%) и кишечном (мкг/г приманки) действии инсектицидов вели пересчет в $СД_{50}$ (мкг/муха) при

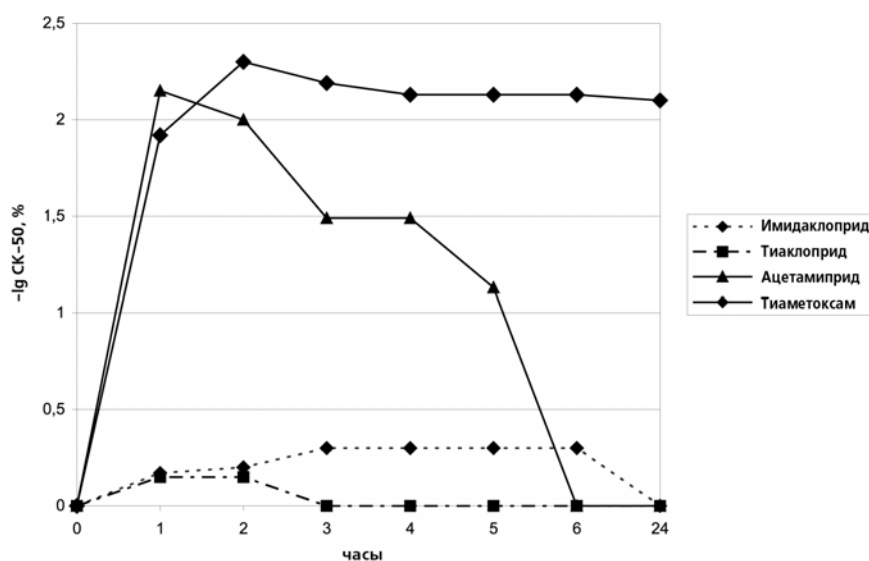


Рис. 1. Токсичность отложений неоникотиноидов для комнатных мух при контакте со стеклом обработанным ДВ неоникотиноидов в течение 1 часа

учете через 24 часа. В случае сухих сахарных приманок пересчет проводили путем умножения на коэффициент максимума поглощения – 1,5.

Самым токсичным для имаго комнатных мух оказался тиаметоксам, его токсичность составила 0,030 мкг/муха, что в 4,3 раза меньше, чем при топикальном нанесении. Ацетамиприд несколько менее токсичен, чем тиаметоксам (различия статистически недостоверны) при оральном поступлении в организм, тогда как при топикальном нанесении различия значительны – он в 4,8 раза менее инсектициден. Различия в токсичности ацетамиприда при контактном и пероральном поступлении в организм более выражены, и он оказался в 14,8 раз токсичнее при кишечном введении. Имидаклоприд и тиаклоприд были в 40 раз менее токсичны для комнатных мух, чем тиаметоксам при топикальном нанесении, тогда как их кишечное действие было всего в 2 раза ниже. Однако имидаклоприд и тиаклоприд при пероральном введении были в 76,2 и 73,5 раз, соответственно, токсичнее, чем при нанесении на покровы тела.

Различий в токсичности открытых и защищенных сеткой приманок с имидаклопридом, тиаклопридом и ацетамипридом не выявлено. Только в случае с тиаметоксамом проявились различия в вариантах опыта с защищенной приманкой, которая в 1,8 раза менее эффективна, чем приманка без сетки. Этот факт свидетельствует о том, что тиаметоксам проникает в организм насекомого как при питании отравленным сахаром, так и при контакте конечностей мухи с приманкой. По-видимо-

му, инсектицидное действие суммируется и приводит к большей степени отравления насекомого (табл. 2). Жидкие приманки были привлекательными для комнатных мух, по показателю СК₅₀ их токсичность для комнатных мух составила при использовании имидаклоприда 0,0090, тиаметоксама – 0,0058, ацетамиприда – 0,0068, тиаклоприда – 0,0080 мкг/г приманки (табл. 3). Различия статистически не достоверны. Через 48 часов выявлены статистически значимые отличия в токсичности неоникотиноидов как по показателю СК₅₀, так и по СК₉₅ (мкг/г приманки). Наиболее инсектицидным оказался тиаметоксам, далее в порядке убывания токсичности следовали ацетамиприд, тиаклоприд и имидаклоприд.

Следует отметить, что при кишечном поступлении неоникотиноидов в организм мух не наблюдали обратимости действия, возможно за счет непрерывающегося поглощения приманки. Это является свидетельством того, что неоникотиноиды не обладают отпугивающим действием для комнатных мух.

Для количественного определения поглощения комнатными мухами жидкой сахарной приманки (10% раствор сахара) и сухого сахара были поставлены специальные эксперименты в 5 повторностях по 100 особей мух в каждой. Поглощение жидкой приманки достигло максимума через 3 часа и составило 6,85±0,11 мг/муха, а далее, в связи с выделением продуктов обмена из организма, Д массы снизилась. Через 24 часа Д массы составила 3,94±0,22 мг/муху. Для сравнения величин СК₅₀ при контактном (%) и кишечном (мкг/г приманки) действии инсектицидов вели пересчет в СД₅₀ (мкг/муха) при учете через 24 часа. В случае жидких сахарных приманок пе-

считается, что при поступлении неоникотиноидов в организм мух не наблюдали обратимости действия, возможно за счет непрерывающегося поглощения приманки. Это является свидетельством того, что неоникотиноиды не обладают отпугивающим действием для комнатных мух.

Для количественного определения поглощения комнатными мухами жидкой сахарной приманки (10% раствор сахара) и сухого сахара были поставлены специальные эксперименты в 5 повторностях по 100 особей мух в каждой. Поглощение жидкой приманки достигло максимума через 3 часа и составило 6,85±0,11 мг/муха, а далее, в связи с выделением продуктов обмена из организма, Д массы снизилась. Через 24 часа Д массы составила 3,94±0,22 мг/муху. Для сравнения величин СК₅₀ при контактном (%) и кишечном (мкг/г приманки) действии инсектицидов вели пересчет в СД₅₀ (мкг/муха) при учете через 24 часа. В случае жидких сахарных приманок пе-

Таблица 2

Сравнительная токсичность неоникотиноидов при топикальном и кишечном введении в организм комнатных мух (учет через 24 часа)

ДВ	Топикально СД ₅₀ , мкг/муха	Групповое скармливание		СД ₅₀ топик. / СД ₅₀ сахар+сетка	СД ₅₀ сахар+сетка / СД ₅₀ сахар	СД ₅₀ , мкг/муха	СД ₅₀ топик / СД ₅₀ жидкие сах. приманки
		СД ₅₀ , мкг/муха Сахар	СД ₅₀ , мкг/муха Сахар+сетк				
Имидаклоприд	4,95 2,89-8,46	0,065 0,044-0,095	0,060 0,036-0,102	76,2*	0,9	0,062 0,045-0,084	79,8*
Тиаклоприд	5,00 2,90-8,50	0,060 0,045-0,081	0,068 0,050-0,093	73,5*	1,1	0,055 0,047-0,064	90,9*
Ацетамиприд	0,620 0,440-0,870	0,050 0,032-0,080	0,042 0,027-0,068	14,8*	0,8	0,047 0,042-0,051	13,2*
Тиаметоксам	0,130 0,100-0,160	0,017 0,012-0,020	0,030 0,021-0,042	4,3*	1,8*	0,040 0,031-0,051	3,3*

* – отличие достоверно при P=0,05

Таблица 3

Токсичность для комнатных мух сухих и жидких сахарных приманок на основе неоникотиноидов

Препаративная форма (ДВ)	Показатели, мг ДВ/г приманки	Сухие приманки ДВ в ацетоне		Жидкие приманки	
		Учет поражения через час.			
		24 час	48 час	24 час	48 час
Шонфидор 20% ВРК (имidakлоприд)	СК ₅₀	0,043 0,029-0,063	0,035 0,025-0,049	0,0090 0,0070-0,0110	0,0076 0,0067-0,0087
	СК ₉₅	0,350 0,236-0,518	0,200 0,143-0,280	0,0500 0,0400-0,0630	0,0210 0,0180-0,0240
Калипсо 48% КС (тиаклоприд)	СК ₅₀	0,040 0,030-0,054	0,040 0,028-0,058	0,0080 0,0068-0,0094	0,0060 0,0055-0,0066
	СК ₉₅	0,220 0,163-0,297	0,280 0,193-0,406	0,0310 0,0260-0,0370	0,0120 0,0109-0,0132
Моспилян 20% РП (ацетамиприд)	СК ₅₀	0,033 0,021-0,053	0,030 0,020-0,045	0,0068 0,0062-0,0075	0,0052 0,0047-0,0057
	СК ₉₅	0,340 0,213-0,544	0,250 0,167-0,375	0,0135 0,0123-0,0149	0,0096 0,0087-0,0106
Актара 25% ВКГ (тиаметоксам)	СК ₅₀	0,011 0,008-0,015	0,007 0,005-0,009	0,0058 0,0045-0,0075	0,0021 0,0018-0,0025
	СК ₉₅	0,060 0,043-0,084	0,037 0,027-0,050	0,0260 0,0200-0,0340	0,0050 0,0042-0,0059

решет проводили путем умножения на коэффициент максимума поглощения – 6,85.

Рассчитанные показатели СД₅₀ (мкг/муха) приведены в табл. 2. При учете через 24 часа токсичность жидких приманок была приблизительно одинаковой по показателю СД₅₀ для всех изученных неоникотиноидов. Расчет выраженности кишечного действия показал, что, как и в случае с сухими сахарными приманками, неоникотиноиды гораздо токсичнее для комнатных мух при пероральном пути поступления в организм. При пероральном поступлении по показателю СД₅₀ имidakлоприд в 80 раз токсичнее, тиаклоприд – в 90 раз, ацетамиприд – в 13 раз, и тиаметоксам – в 3 раза, чем при топикальном нанесении.

Таким образом, при поедании жидких приманок мухи поглощают в течение короткого времени большое количество отравленного сиропа – около половины массы тела. Отравление происходит в течение нескольких часов, и показатели СД₅₀ (мкг/муха) всех изученных неоникотиноидов достаточно высоки.

В связи с высокой степенью резистентности имаго комнатных мух к инсектицидам из различных классов химических веществ (ФОС, карбаматы, пиретроиды) при применении их методом орошения и практической однотипности механизмов детоксикации этих соединений в организме насекомых многие инсектициды стали малоэффективными. В настоящее время приобрел большую значимость приманочный метод. При этом методе резистентность развивается значительно

медленнее, чем при опрыскивании, и возможно использование его в системе чередования инсектицидов с различным механизмом действия. Примерная схема чередования приманок и гелей в борьбе с имаго мух приведена по С.А. Рославцевой [2]: – ФОС (хлорофос, азаметифос); – неоникотиноиды (тиаметоксам); – карбаматы (метомил); – неоникотиноиды (имidakлоприд); – пиретроиды.

В России зарегистрировано несколько средств на основе неоникотиноидов, в том числе сухая сахарная приманка „Рейд приманка для мух. Апельсин“ (имidakлоприд 5,4 мг/приманку), фирмы „Террасан Хаус и Гартенбедарф ГмБХ энд Ко.КГ“ (Германия), гранулированная приманка „Квик-байт“ (имidakлоприд 0,5%) фирмы „Байер“, Франция. Таким образом, инсектициды группы неоникотиноидов являются перспективным звеном интегрированной системы борьбы с синантропными мухами при использовании в форме сухих или жидких сахарных приманок.

Литература

1. Попов П.В. Статистический анализ опытных данных с помощью линии регрессии „Доза пестицида – активность“ // Химия в с.х. 1965. № 10. С.72-74.
2. Рославцева С.А. Резистентность к инсектоакарицидам членистоногих, имеющих эпидемиологическое и санитарно-гигиеническое значение. М.: Компания Спутник+. 2006. 130 с.
3. Тарасов В.В. Медицинская энтомология. – М.: Изд-во МГУ, 1996. 352 с.
4. Pospischi R. Imidaklopid fly bait: a fast-acting formulation against flies in livestock / Proc. 4-th ICUP, Charleston, USA.

2002. P.457-458.

5. Pospischi R., Junkersdorf J., Horn K. Control of house flies, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), with imidaklopid WG 10 in pig farms (Germany) / Proc. 5-th ICUP, Malaysia. 2005. P.309-317.

6. Wen Z., Scott J. G. Cross-resistance to imidaklopid in strains of German cockroach (*Blattella germanica*) and house fly (*Musca domestica*) // Pestic. Sci., 1997. V. 49. P. 367-371.

7. Williams R.E. Evaluation of PNR342 imidaklopid fly bait for controlling the house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) / Proc. 4-th ICUP, Charleston, USA. 2002. P. 456.

Comparison of contact and intestinal neo-nicotinoids on domestic flies *Musca Domestica* L.

I.V. Ibragimhalilova, O.Yu. Eremina, Scientific Research Disinfectology Institute by Russian Consumer Inspection, Moscow

The results of laboratory tests, concerning insecticide effect of imidakloptide, acetamipride, tiametoxam, tiaclopid and their preparative forms on domestic flies are presented. Intestinal effect of the neonicotinoids' active agents and their preparative forms, put into dry and liquid sugar baits, is studied. The obtained results are evidence of preferable use of neo-nicotinoids in the form of poison baits.