

Исследование эффективности приманок на основе борной кислоты и гидраметилнона в отношении мультирезистентных рыжих тараканов

Еремина О. Ю., доктор биологических наук, Олифер В. В., кандидат биологических наук, Ибрагимхалилова И. В., кандидат биологических наук, ФБУН НИИДезинфектологии Роспотребнадзора, 117240, Москва, Научный проезд, 18

Проведено сравнение динамики поражения и гибели рыжих тараканов *Blattella germanica* 12 мультирезистентных рас из Москвы, Обнинска и Екатеринбурга с лабораторной чувствительной расой S-НИИД при действии приманок на основе жидкой борной кислоты и гидраметилнона. Показана высокая чувствительность всех резистентных насекомых к этим приманкам. Установлено репеллентное действие сухих приманок на основе борной кислоты. Показатели резистентности для всех рас к жидким приманкам на основе борной кислоты были практически одинаковыми и колебались для самцов в пределах 0,7–1,4 и для самок 0,7–1,6. Чувствительность тараканов к приманкам на основе гидраметилнона была одинаковой у всех рас – показатели резистентности составили 1,0–1,2 для самцов и 0,7–1,1 для самок.

Ключевые слова: рыжий таракан, *Blattella germanica*, резистентность, инсектициды.

Введение. Развитие резистентности синантропных тараканов, в особенности рыжих *Blattella germanica* (L.), к органическим инсектицидам нейротоксического действия привело к возобновлению поиска альтернативных методов контроля численности синантропных тараканов [12, 17]. Основным путем преодоления резистентности является ротация пестицидов с разным механизмом действия и путем поступления в организм (замена контактного действия на кишечное).

Приманки на основе борной кислоты или ее солей в России ранее были рекомендованы в соответствии с Методическими рекомендациями по борьбе с синантропными тараканами [5]. За рубежом применяют препаративные формы инсектицидов, содержащие от 40 до 98% борной кислоты [8]. Исследования показали, что борная кислота (H_3BO_3 , CAS № 10043-35-3) более эффективна в отношении тараканов, чем ее соли: тетраборат натрия – бура ($Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$, CAS № 303-96-4) или динатрий октаборат тетрагидрат ($Na_2B_8O_{13} \cdot 4H_2O$, этидот 67, CAS № 12280-03-4). Водные растворы, содержащие смеси 0,5–2% борной кислоты с добавлением в качестве фагостимулятора 0,05–1,0 М сахара (фруктоза, глюкоза, мальтоза, сахароза) могут обеспе-

чить быстрое и эффективное уничтожение рыжих тараканов [16].

Второе перспективное действующее вещество, обладающее выраженным кишечным действием – гидраметилнон, представитель класса аминокетонаминов (тетрагидро-5,5-диметил-2-[1,5-бис (трифторметилфенил) пентадиен-1,4-ил-3-азино] пириимидин, $C_{25}H_{24}F_6N_4$, CAS № 67485-29-4). Средства, содержащие гидраметилнон, высокоэффективны в отношении тараканов и широко применяются с 1985 года в США, с 1991 – в Великобритании, с 1994 – в России [6, 22, 24; 26]. В ряде зарубежных работ приманки на основе гидраметилнона рекомендуют включать в интегрированную систему борьбы с тараканами наряду с липкими ловушками [13, 23, 25]. Инсектицидное действие приманок на основе борной кислоты или ее солей проявляется замедленно – в течение 5–10 суток, на основе гидраметилнона – около 5–7 суток [2, 9, 18].

Для приманок на основе борной кислоты и гидраметилнона установлено явление вторичного переноса, или «эффект домино». При питании этими пищевыми приманками имаго экскретируют остатки инсектицида, сохраняющие токсичность. Это приводит к отравлению личинок тараканов.

канов при копрофагии, особенно младших возрастов. Личинки первого возраста погибают полностью в течение 10 суток, а 50% личинок второго возраста – в течение 14 суток [10, 14]. Личинки устойчивых тараканов не гибнут при поглощении экскретируемых остатков. В то же время, элиминирование чувствительных ко вторичному переносу особей может приводить к увеличению частот резистентных аллелей в популяции [21].

Встречаются в литературе предположения об отсутствии устойчивости к неорганическим соединениям у синантропных насекомых, резистентных к другим инсектицидам [1, 2]. Однако следует отметить, что в 1914 г., впервые в истории, была обнаружена популяция калифорнийской щитовки *Quadraspidiotus perniciosus* Comst., резистентная к серной извести [27]. В 2016 г. появились сведения о первом за 25 лет применения случае возникновения резистентности рыжих тараканов *B. germanica* к гидраметилнону на фоне высокой устойчивости к фипронилю и экстремально высокой – к индоксикарбу [21]. Это определило наш интерес к приманкам на основе борной кислоты и гидраметилнона и подвигло на проведение серии экспериментов с использованием нескольких популяций рыжих тараканов, мультирезистентных к ряду соединений из разных химических групп.

Материалы и методы. В работе использованы рыжие тараканы *Blattella germanica* лабораторной чувствительной расы S-НИИД, а также городских популяций, собранных в г. Обнинске на рынке пищевых продуктов ОБН, а также на различных объектах г. Москвы: М1 – с объекта общественного питания, М2 и М3 – из студенческого общежития, М4 – с кормокухни зоопарка, М5 – из жилой квартиры, М6 – из медицинской организации, М7 – из государственного учреждения, У1, У2, У3, У4 – из г. Екатеринбурга с хлебобулочных предприятий. Тараканов культивировали в лабораторных условиях в течение 2–5 поколений без селекции инсектицидами.

В опытах использованы самцы и самки рыжих тараканов 1–3-недельного возраста. Приготовление приманок вели в лаборатории согласно Методическим указаниям по борьбе с синантропными тараканами [5]. В качестве пищевой основы использовали картофель вареный (33 г) и желток куриного яйца (6 г), в смесь добавляли кристаллическую борную кислоту (8 г),

делили на порции по 2 г и оставляли на 7 суток при комнатной температуре для полного высыхания (17% борной кислоты на влажную массу, 50% на сухую массу). Затем взвешивали вместе с подложкой и предлагали тараканам в отсутствие альтернативного корма. Повторное взвешивание приманок проводили по окончании эксперимента через 10 суток. Поглощение приманок мг/особь/сутки рассчитывали путем ежедневного учета количества живых тараканов, суммации их в течение всего эксперимента и деления дельты массы (убыль массы, мг) на сумму питавшихся насекомых в течение 10 суток эксперимента.

Жидкие приманки готовили на основе 10%-ного сахарного сиропа, при 5%-ном содержании борной кислоты. Наливали раствор в поилки, помещали в них сухой хлеб, ежедневно добавляли воду до метки. Учет смертности проводили в течение 10 суток.

Приманочные станции, содержащие в качестве ДВ 2% гидраметилнона Combat superbait производства Henkel Home Care Korea LTD, Корея, приобретены и изучены до истечения срока годности (02.03.2019). Учет гибели проводили в течение 8 суток.

Инсектицидность приманок оценивали в контейнерах размером 50×30×15 см. Края контейнеров смазывали вазелином для предотвращения разбегающих насекомых, в центр помещали убежище из картона, поилку с водой и 20 имаго тараканов (соотношение полов 1:1) и выдерживали в течение 24 часов для привыкания насекомых к полигону. После этого в контейнер помещали приманку. Все опыты проводили при отсутствии альтернативного корма. Определяли показатель $LT_{50}(90)$ (время в сутках, за которое поражено 50% (90%) подопытных насекомых). Показатель резистентности (ПР) рассчитывали как отношение LT_{50} для городской популяции к LT_{50} для чувствительной расы. Повторность опытов трех-пятикратная. Эксперименты проводили при температуре 22–25°C и относительной влажности воздуха более 60%. Статистическую обработку проводили с помощью компьютерной программы «Статистика».

Результаты и обсуждение. Ранее нами топикальным методом были определены уровни чувствительности к инсектицидам исследуемых популяций рыжих тараканов [3, 4]. Полученные показатели резистентности (ПР) к основным группам химических соединений приведены

Таблица 1

Показатели резистентности самцов рыжих тараканов к инсектицидам основных химических классов при топикальном нанесении ацетоновых растворов

Инсектицид / Раса	Показатели резистентности по СК ₅₀											
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	ОБН	У1	У2	У3	У4
Хлорпирифос	15,0	9,5	15,0	1,7	0,8	26,0	30,0	11,5	10,0	15,0	11,5	18,0
Пропоксур	4,1	0,9	1,4	0,7	0,8	3,4	1,1	3,5	1,7	1,1	1,4	1,6
Циперметрин	142	283	225	13,3	5,4	290	>833	>4000	133	125	167	375
Фипронил	12,7	18,3	28,5	1,6	2,5	40,0	20,0	54,0	19,3	23,3	20,0	24,7
Ацетамиприд	1,0	2,6	2,2	1,6	0,9	4,0	1,2	2,6	4,8	4,0	4,0	6,8
Имидаклоприд	1,5	3,5	1,3	1,5	0,8	12,7	6,0	5,6	12,7	23,6	16,4	18,2
Тиаметоксам	2,9	1,3	0,3	1,2	1,2	3,9	4,1	4,8	2,9	2,0	2,7	4,3
Клотианидин	1,6	2,3	2,7	2,0	2,4	2,7	2,0	2,4	1,3	2,2	3,0	1,7

Примечание: ПР <10 – толерантность, > 10 – резистентность

Таблица 2

Показатели резистентности рыжих тараканов к инсектицидам при скармливании отравленных приманок

Инсектицид	Конц., %	Раса тараканов	Показатель резистентности по ЛТ ₅₀	
			Самцы	Самки
Пропоксур	2,00	M1	2,54	Гибели нет
Хлорпирифос	0,20	M1	Гибели нет	Гибели нет
Имидаклоприд	2,15	M1	1,67	Гибели нет
Гидраметилнон	2,00	M1	1,16	0,53
Фипронил	0,05	M1	5,77	6,79
		M3	10,45	8,57
		M4	1,00	0,53
		M5	1,10	0,75
		ОБН	4,10	9,54

в табл. 1. Выявлена очень высокая резистентность тараканов к пиретроидам, высокая – к фосфорорганическим соединениям и фенилпиразолам. Толерантность отмечена к карбамату пропоксуру. У московских популяций тараканов установлена чувствительность или слабая толерантность к неоникотиноидам, однако у тараканов с Урала выявлена резистентность к имидаклоприду и толерантность к ацетамиприду.

Изучение сравнительной чувствительности различных рас рыжих тараканов к приманкам на основе пропоксура, хлорпирифоса, имидаклоприда, фипронила показало, что отловленные в городе тараканы медленнее погибают, а в некоторых случаях демонстрируют полную нечувствительность к приманкам (табл. 2).

Известно, что достоверное снижение эффективности инсектицида, применяемого в практи-

ческих условиях методом опрыскивания, наблюдается при получении в лабораторных условиях топикальным методом показателя резистентности >10, и методом скармливания отравленных приманок – показателя резистентности >3 [цит. по 11]. Таким образом, в практических условиях повсеместно следует ожидать практически полную неэффективность препаратов на основе пиретроидов, снижение эффективности хлорпирифоса и фипронила, а на Урале – и снижение эффективности неоникотиноидов.

Сравнение изучаемых рас рыжих тараканов по массе тела самцов показало, что в основном расы не отличаются по данному показателю от значений, средних для лабораторной чувствительной расы S-НИИД. Средняя масса самцов составила около 50 мг (S-НИИД – 50,8±1,0; M1 – 55,1±0,8; M2 – 49,1±1,7; M3 – 51,2±0,8;

Таблица 3

Эффективность сухих пищевых приманок с борной кислотой (50% ДВ)

Раса	Самцы			Самки		
	ЛТ ₅₀ , сут	ЛТ ₉₀ , сут	ПР по ЛТ ₅₀	ЛТ ₅₀ , сут	ЛТ ₉₀ , сут	ПР по ЛТ ₅₀
S-НИИД	2,3±0,2	3,0±0,3	–	2,8±0,3	6,5±0,4	–
M1	3,2±0,3	4,2±0,3	1,4	НД	НД	>3,0
M2	4,7±0,3	8,5±0,5	2,0	НД	НД	>3,0
M3	3,0±0,1	5,4±0,5	1,3	10,0±0,5	НД	3,6
M4	3,0±0,1	6,0±0,5	1,3	3,5±0,2	НД	1,3
M5	1,5±0,2	2,5±0,2	0,7	2,5±0,2	4,3±0,5	0,9
M6	4,8±0,2	8,0±0,5	2,1	8,5±0,5	НД	3,0
M7	6,0±0,5	НД	2,6	10,0±0,5	НД	3,6
ОБН	6,0±0,5	10,0±0,5	2,6	НД	НД	>3,0
У1	2,8±0,2	3,6±0,3	1,2	9,0±0,5	НД	3,2
У2	2,6±0,2	3,9±0,4	1,1	8,0±0,5	НД	2,9
У3	2,3±0,2	3,7±0,3	1,0	3,0±0,3	10,0±0,5	1,1
У4	7,0±0,5	11,0±0,5	3,0	10,0±0,5	НД	3,6

Примечание: НД – показатель не достигнут (гибель ниже 50 или 90%)

M4 – 48,1±0,9; M5 – 49,1±1,1; M6 – 54,5±2,9; M7 – 50,1±1,1; ОБН – 51,6±1,3; У1 – 53,3±0,3; У2 – 50,5±0,6; У3 – 58,8±1,7; У4 – 53,5±0,9). Несколько большей массой тела обладали самцы рас У3 и М6, однако прямой связи этого показателя с резистентностью тараканов к инсектицидам не установлено.

На фоне такой высокой резистентности к органическим инсектицидам нейротоксического типа действия как при контактном, так и при кишечном воздействии, интересно видеть чувствительность расы М1 к приманкам на основе гидраметилнона, обладающего иным механизмом действия. В связи с этим мы провели серию сравнительных исследований инсектицидности приманок на основе неорганического соединения – борной кислоты и гидраметилнона для 13 рас рыжих тараканов.

Эффективность сухих приманок с содержанием борной кислоты около 50% оказалась достаточно высокой только для самцов рыжих тараканов, тогда как самки во многих случаях не погибали в течение 10 суток эксперимента (табл. 3). Только самцы расы У4 показали достоверное увеличение времени проявления симптомов отравления, однако самки оказались еще более невосприимчивыми: ПР по СК₅₀ практически у всех рас был более 3. Следует отметить, что поглощение приманки составляло 0,50–0,60 мг/особь/сутки и практически не различалось у тараканов разных рас.

Свидетельствует ли этот факт о развитии резистентности к приманкам на основе борной кислоты или всего лишь о малой их пищевой привлекательности, особенно для самок тараканов? Имеется ряд работ, в которых высказывается мнение о меньшей привлекательности приманки на основе борной кислоты для самок в сравнении с самцами [13, 23]. Исследования, проведенные во Франции, показали, что сухие приманки содержащие 33,3% борной кислоты, обладали меньшей привлекательностью для рыжих тараканов, чем инсектицидные приманки на основе фипронила, гидраметилнона, абамектина [14]. О наличии репеллентного действия борной кислоты и других боратов сообщают и другие исследователи [28].

В то же время имеются данные о том, что жидкие приманки на основе борной кислоты не обладают репеллентностью, при повышении концентраций выше 1% не происходит изменений в скорости отравления и гибели насекомых [28].

Нами проведены испытания жидких приманок, содержащих 5% борной кислоты, что связано с ее растворимостью в воде (5,2%), в качестве фагостимулятора использовали 10%-ный сахарный сироп. Эффективность жидких приманок для тараканов оказалась в несколько раз выше, чем сухих. Репеллентности в отношении и самцов и самок рыжих тараканов не обнаружено, 90% особей погибали в течение 2–3 суток. Рассчитанный по показателю ЛТ₅₀ ПР для самцов со-

Таблица 4

Эффективность жидких приманок с 5%-й борной кислотой в отношении рыжих тараканов различных рас

Раса	самцы			Самки		
	ЛТ _{50'} сут	ЛТ _{90'} сут	ПР по ЛТ _{50'}	ЛТ _{50'} сут	ЛТ _{90'} сут	ПР по ЛТ _{50'}
S-НИИД	1,4±0,2	2,0±0,3	–	1,8±0,2	3,0±0,3	–
M1	1,2±0,2	2,0±0,3	0,9	2,2±0,3	2,9±0,3	1,2
M2	1,3±0,2	1,9±0,3	0,9	2,0±0,2	3,0±0,2	1,1
M3	1,6±0,3	2,2±0,3	1,1	2,2±0,2	2,9±0,3	1,2
M4	1,2±0,2	1,9±0,2	0,9	1,3±0,2	2,3±0,2	0,7
M5	1,3±0,2	2,3±0,2	0,9	3,2±0,3	6,0±1,2	1,8
M6	1,5±0,3	2,2±0,2	1,1	2,6±0,3	3,4±0,2	1,4
M7	1,3±0,3	2,3±0,1	0,9	2,6±0,3	3,2±0,2	1,4
ОБН	2,0±0,4	2,8±0,2	1,4	2,7±0,3	3,2±0,2	1,5
У1	<1,0	1,0±0,1	<0,7	1,7±0,1	2,4±0,2	0,9
У2	<1,0	1,0±0,1	<0,7	1,6±0,1	2,4±0,3	0,9
У3	1,0±0,1	2,3±0,2	0,7	2,5±0,2	3,0±0,2	1,4
У4	1,7±0,3	2,3±0,2	1,2	2,8±0,3	3,6±0,2	1,6

Таблица 5

Эффективность приманок на основе 2%-го гидраметилнона в отношении рыжих тараканов различных рас

Раса	самцы			Самки		
	ЛТ _{50'} сут	ЛТ _{90'} сут	ПР по ЛТ _{50'}	ЛТ _{50'} сут	ЛТ _{90'} сут	ПР по ЛТ _{50'}
S-НИИД	3,0±0,2	3,7±0,5	–	4,0±0,3	6,0±1,1	–
M1	3,5±0,2	4,0±0,4	1,2	2,6±0,2	6,5±0,5	0,7
M2	3,2±0,1	3,8±0,3	1,1	3,4±0,2	5,0±1,5	0,9
M3	2,9±0,3	3,5±0,3	1,0	3,0±0,3	4,0±1,5	0,8
M4	3,0±0,2	4,0±0,2	1,0	3,5±0,3	4,5±0,5	0,9
M5	3,2±0,3	3,7±0,3	1,1	3,4±0,3	7,0±1,0	0,9
M6	3,3±0,2	3,7±0,3	1,1	3,5±0,4	6,0±1,2	0,9
M7	3,3±0,3	3,8±0,3	1,1	3,0±0,4	3,7±0,5	0,8
ОБН	3,4±0,2	3,8±0,4	1,1	4,0±0,4	5,6±0,5	1,0
У1	3,7±0,2	4,4±0,4	1,2	4,5±0,5	6,4±1,0	1,1
У2	3,0±0,3	3,7±0,4	1,0	4,0±0,5	6,6±1,5	1,0
У3	3,5±0,4	4,0±0,5	1,2	3,4±0,4	7,0±1,5	0,9
У4	3,7±0,4	4,6±0,5	1,2	4,0±0,5	5,6±0,5	1,0

ставлял не более 1,4×, а для самок – 1,8× (табл. 4). Прямой связи с уровнем устойчивости к нейротоксическим ядам не установлено.

Следует отметить, что в некоторых вариантах опытов (включая чувствительную расу S-НИИД) оставались живыми единичные самки, что можно объяснить их отказом от пищи. Больше содержание жирового тела у самок способствует

выживанию и позволяет дольше обходиться вообще без пищи. О меньшей аттрактивности приманок для самок сообщали и другие исследователи [23].

Резистентность к приманкам выражается в замедлении симптомов отравления. В США выявлено статистически достоверное различие показателей ЛТ_{50'} у резистентной расы рыжих тараканов

нов GNV-R в сравнении с чувствительной расой JWax-S для приманки на основе 2,0% гидраметилнона (2,32×) [15]. В наших экспериментах таковых различий не найдено. ПР составил от 0,8× до 1,2×, и статистически значимых различий не установлено (табл. 5). Тараканы всех изученных рас были практически одинаково чувствительны к гидраметилнону. У всех особей отмечена диарея, на первые – вторые сутки тараканы практически не реагируют на свет и прикосновение, не прячутся в убежищах. Гибель самцов тараканов всех изученных рас наступает в течение 3–5 суток. Гибель самок была несколько отсрочена, и ЛТ₉₀ составил 4–7 суток. Имеются сведения о том, что смертельную дозу приманки особи получают за один прием пищи: потеря массы приманки в результате поедания тараканами за первые сутки составила 40–42 мг, тогда как на вторые и далее – только 0,3–1,1 мг [7].

Заключение. Механизм инсектицидного действия гидраметилнона отличен от такового ФОС, карбаматов и пиретроидов и состоит в ингибировании комплекса III митохондриальной электронной транспортной цепи и синтеза АТФ [19].

Неорганические соединения бора, попадая в пищеварительный тракт, разрушают стенки переднего отдела кишечника, заполняют желудок, нарушают водный баланс. Борная кислота вызывает при длительном применении глубокое поражение органов размножения у самок рыжих тараканов, бура – полное подавление сперматогенеза у самцов. Летальный и стерилизующий эффекты препаратов бора дополняют друг друга, и их применение приводит к продолжительному сокращению численности популяции [12]. Показано, что при поглощении тараканами приманок на основе борной кислоты происходит аккумуляция во многих тканях (гемолимфе, кишечнике, овариолах, тестикулах и др.), причем наибольшие количества найдены в жировом теле [18].

Известно, что увеличение времени отравления рыжих тараканов, отловленных с объектов, более чем в три раза по сравнению с лабораторной чувствительной расой служит индикатором снижения практической эффективности приманок [цит. по 11]. В нашем случае, при поглощении жидких приманок на основе борной кислоты и приманок, содержащих гидраметилнон, различия в скорости поражения и гибели рыжих тараканов резистентных рас в сравнении с лабораторной чувствительной расой были статисти-

чески недостоверными. Недостаточную эффективность для самок тараканов сухих приманок с борной кислотой, по-видимому, можно отнести за счет их репеллентности.

Комитет по резистентности членистоногих к инсектицидам (IRAC, Insecticide Resistance Action Committee) предлагает классификатор всех известных пестицидов, сгруппированных в классы и подгруппы согласно механизму их действия [20, 27]. При составлении схем ротации инсектицидов необходимо чередовать препараты, относящиеся к разным классам. К классу 1 отнесены карбаматы (подгруппа 1A) и фосфорорганические соединения (1B), к классу 2 – фенилпиразолы (2B), к классу 3 – пиретроиды (3A), к классу 4 – неоникотиноиды (4A), и т. д. Согласно классификации IRAC бораты относятся к подгруппе 8D класса 8 «Множественные неспецифические ингибиторы», гидраметилнон – к подгруппе 20A класса 20 «Ингибиторы электронного транспорта в митохондриальном комплексе III (MET III)». Бораты и аминоксидразоны могут следовать в схемах ротации за любыми органическими инсектицидами.

Мониторинг чувствительности рыжих тараканов в лабораторных условиях может помочь составить схемы чередования препаратов в практике медицинской дезинсекции для конкретного объекта. Таким образом, приманки на основе борной кислоты и гидраметилнона, наряду со средствами механического типа действия (липкие ловушки, диатомитовый порошок), могут с успехом применяться для борьбы с мультирезистентными популяциями тараканов.

Список использованной литературы References

1. Дремова В. П. Городская энтомология. Изд. дом «ИздатНаукаСервис», Екатеринбург. 2005. 278 с. / Dremova V. P. Izd. dom «IzdatNaukaServis», Yekaterinburg. 2005. 278 p. (in Russian).
2. Дремова В. П., Алешо Н. А. Тараканы: биология, экология, санитарно-эпидемиологическое значение, контроль численности синантропных тараканов / ВП. Дремова, НА. Алешо: Товарищество научных изданий КМК. 2011. 155 с. / Dremova V. P., Alesho N. A. Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK (ISBN:978-5-87317-708-0). 2011. 155 p (in Russian).
3. Еремина О. Ю., Олехнович Е. И., Олифер В. В., Ибрагимхалилова И. В., Геворкян И. С., Бендрышева С. Н., Сарвин Б. А. Исследования

ние резистентности рыжих тараканов к фипронилю. Дез. дело. 2016. 2: 34–41 / Eremina O. Yu., Olekhovich E. I., Olifer V. V., Ibragimkhalilova I. V., Gevorkyan I. S., Bendrysheva S. N., Sarvin B. A. Investigation of *Blattella germanica* resistance to fipronil. Disinfection Affairs (Dezinfektsionnoe Delo) (ISSN:2076-457X). 2016. 2: 34–41 (in Russian).

4. Еремина О. Ю., Олифер В. В., Рославцева С. А., Бендрышева С. Н. Исследование топикальным методом резистентности рыжих тараканов к инсектицидам из различных классов. Дез. Дело. 2015. 3: 40–45 / Eremina O. Yu., Olifer V. V., Roslavtseva S. A., Bendrysheva S. N. Resistance investigation of German cockroach (*Blattella germanica* L.) to insecticides from different classes by topic method. Disinfection Affairs (Dezinfektsionnoe Delo) (ISSN:2076-457X). 2015. 3: 40–45 (in Russian).

5. Методические рекомендации по борьбе с синантропными тараканами. Утв. замначальника Главного управления карантинных инфекций МЗ СССР Ю.М. Федоровым 31.12.1986 №28-6/3. – Москва, 1986: 20 / Ministry of Healthcare of the Russian Federation. Ministry of Healthcare of the USSR. №28-6/3 of 31.12.1986. Moscow. 1986: 20 (in Russian).

6. Рославцева С. А., Маркина В. В., Путинцева Л. С., Костырко И. Н., Германт О. М., Мальцева М. М. Изучение инсектицидно-аттрактивных средств Максфорс Байт Стейшенс для борьбы с синантропными тараканами и рыжими домовыми муравьями и Максфорс Шабен-Гель для борьбы с тараканами. Дез. дело. 1996. 1: 45–50. / Roslavtseva S. A., Markina V. V., Putintseva L. S., Kostyrko I. N., Germant O. M., Mal'tseva M. M. Disinfection Affairs (Dezinfektsionnoe Delo) (ISSN:2076-457X). 1996. 1: 45–50 (in Russian).

7. Рославцева С. А., Еремина О. Ю., Баканова Е. И., Хрунин А. В. Сравнительная активность гелеобразных приманок на основе гидраметилнона. Мат. VIII съезда Всероссийского общества эпидемиологов, микробиологов и паразитологов 26–28 марта 2002. 4. М.: РОСИНЭКС. 2002: 51 / Roslavtseva S. A., Yeremina O. Yu., Bakanova Ye. I., Khrunin A. V. Mat. VIII s"yezda Vserossiyskogo obshchestva epidemiologov, mikrobiologov i parazitologov 26–28 marta 2002. 4. Moscow: ROSINEKS. 2002: 51 (in Russian).

8. Appel A. G., Gehret M. J., Tanley M. J. Effects of moisture on the toxicity of inorganic and organic insecticidal dust formulations to German cockroaches (Blattodea: Blattellidae) // J. Econ. Entomol. – 2004. – V. 97. – №3. – P. 1009–1016.

9. Appel A. G. Contamination affects the performance of insecticidal baits against German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) // J. Econ. Entomol. – 2004. – V. 97. – № 6. – P. 2035–2042.

10. Buczkowski G., Kopanic R. J. Jr., Schal C. Transfer of ingested insecticides among cockroaches: effects of active ingredient, bait formulation, and assay procedures // J. Econ. Entomol. – 2001. – V. 94. – № 5. – P. 1229–1236.

11. Chai R. Y., Lee C. Y. Insecticide resistance profiles and synergism in field populations of the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) from Singapore // J. Econ. Entomol. – 2010. – V. 103. – №2. – P. 460–471.

12. Cochran D. G. Toxic effects of boric acid on the German cockroach // Experientia. – 1995. – V. 51. – № 6. – P. 561–563.

13. Durier V., Rivault C. Comparisons of toxic baits for controlling the cockroach, *Blattella germanica*: attractiveness and feeding stimulation // Med. Vet. Entomol. – 2000a. – V.14. – №4. – P. 410–418.

14. Durier V., Rivault C. Secondary transmission of toxic baits in German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) // J. Econ. Entomol. – 2000 б. – V. 93. – №2. – P. 434–440.

15. Gondhalekar A. D., Song C., Scharf M. E. Development of strategies for monitoring indoxacarb and gel bait susceptibility in the German cockroach (Blattodea: Blattellidae) // Pest Manag. Sci. – 2011. – V. 67. – № 3. – P. 262–270.

16. Gore J. C., Schal C. Laboratory evaluation of boric acid-sugar solutions as baits for management of German cockroach infestations // J. Econ. Entomol. – 2004. – V. 97. – №2. – P. 581–587.

17. Gore J. C., Zurek L., Santangelo R., Stringham S. M., Watson D. W., Schal C. Water solutions of boric acid and sugar for management of German cockroach populations in livestock production systems // J. Econ. Entomol. – 2004. – V. 97. – №2. – P. 715–720.

18. Habes D., Kilani-Morakchi S., Aribi N., Farine J. P., Soltani N. Toxicity of boric acid to *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae) and analysis of residues in several organs // Meded. Rijksuniv. Gent Fak. Landbouwk. Toegep. – Biol. Wet. – 2001. – V. 66. – №2a. – P. 525–534.

19. Hollingshaus J. G., Little R. J. Inhibition of mitochondrial electron transport by hydramethylon: a new amidinohydrazone insecticide // Pestic. Biochem. Physiol. – 1987. – V. 27. – P.61–70.

20. IRAC Mode of Action Classification Scheme Issued, May 2015. Version 7.4. P. 1-26. Insecticide

Resistance Action Committee. – www.irc-online.org.

21. Ko A. E., Bieman D. N., Schal C., Silverman J. Insecticide resistance and diminished secondary kill performance of bait formulations against German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) // Pest. Manag. Sci. – 2016. – V. 72. – №9. – P. 1778–1784.

22. Lucas J. R., Invest J. P. Factors involved in the successful use of hydramethylnon baits in household and industrial pest control // Proc. 1-st Inter. Confer. Insect Pests Urban Environ. 30 June – 3 July 1993, Cambridge. – 1993. – P.99–106.

23. Nalyanya G., Liang D., Kopanic R.J. Jr., Schal C. Attractiveness of insecticide baits for cockroach control (Dictyoptera: Blattellidae): laboratory and field studies // J. Econ. Entomol. – 2001. – V. 94. – №3. – P. 686–693.

24. Rettich F. Hydramethylnon baits and sticky traps and *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae) behaviour // Proc. 1-st Inter. Confer. Insect Pests Urban Environ. 30 June – 3 July 1993, Cambridge. – 1993. – P.107–111.

25. Shahraki G., Bin I. Y., Noor H. M., Rafinejad J., Shahar M. K. Biorational control programme for the German cockroach (Blattaria: Blattellidae) in selected urban communities // Trop. Biomed. – 2010. – V. 27. – №2. – P. 226–235.

26. Short J. E., Mosson H. J., Worsley J. L., Edwards J. P. Toxicity of hydramethylnon to *Blatta orientalis* L. by direct and indirect exposure, and effects of hydramethylnon baits against a mixed population of *Blatta orientalis* L. and *Blattella germanica* (L.) in a simulated domestic environment // Proc. 1-st Inter. Confer. Insect Pests Urban Environ. 30 June – 3 July 1993, Cambridge. – 1993. – P. 295–304.

27. Sparks T. C., Nauen R. IRAC: mode of action classification and insecticide resistance management // Pestic. Biochem. Physiol. – 2015. – V. 121. – P. 122–128.

28. Strong C. A., Koehler P. G., Patterson R. S. Oral toxicity and repellency of borates to German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) // J. Econ. Entomol. – 1993. – V. 86. – №5. – P. 1458–1463.

Blattella germanica 12 multiresistant strains from Moscow, Obninsk and Ekaterinburg in comparison with laboratory-sensitive S-NIID strain has been carried out. High sensitivity of resistant insects to baits on the basis of boric acid and liquid hydramethylnon has been shown. It was found repellent effect of dry baits on the basis of boric acid. Indicators of resistance for all strains to liquid baits on the basis of boric acid were similar for males and fluctuated in the range 0.7-1.4 and 0.7-1.6 for females. Cockroach' sensitivity to baits on the basis of hydramethylnon was the same in all races – resistance rates were – 1.0-1.2 0.7-1.1 for males and – 0,7-1,1 for females.

Key words: red cockroach, *Blattella germanica*, resistance, insecticides

Study of baits with boric acid and hydramethylnon efficiency against multiresistant cockroaches

Eremina O. Yu., Olifer V.V., Ibragimkhalilova I.V.
Scientific Research Disinfectology Institute, Moscow

A comparison of the dynamics of damage and death under exposed toxic baits on cockroaches