

**Резистентность
членистоногих к
инсектоакарицидам –
глобальная проблема
медицинской
дезинсекции**

С.А.Рославцева

ФБУН НИИДезинфектологии
РОСПОТРЕБНАДЗОРА

ВВЕДЕНИЕ

- Массовое и недостаточно биологически обоснованное и контролируемое применение химических средств создает угрозу загрязнения окружающей среды, и разрушая биоценотические связи, способствует вспышкам размножения вредных членистоногих.
- К этим последствиям применения инсектоакарицидов относится формирование резистентных (устойчивых) к ним популяций вредных организмов.
- Явление приобретенной резистентности имеет общебиологическое значение, но именно в сфере дезинсекции человечество впервые столкнулось с ним.
- За последние пять десятилетий резистентность популяций артропод к пестицидам стала одной из основных проблем химической экологии.
- В настоящее время резистентность к инсектоакарицидам у членистоногих имеет глобальное значение.

- Еще в 1956 г. при Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) был создан специальный Комитет экспертов по изучению проблемы резистентности переносчиков возбудителей заболеваний к инсектоакарицидам, а в 1957 г. была начата программа по сбору соответствующей информации и координации полевых и лабораторных исследований.
- К 1985 г. проведен обобщающий анализ результатов программы. К 1990 г. в базе данных программы находилось более 170 тысяч наблюдений.
- Упомянутый выше Комитет постоянно публикует доклады по проблеме резистентности переносчиков к инсектоакарицидам.

ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗИСТЕНТНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЧЛЕНИСТОНОГИХ

ГОДЫ	КОЛИЧЕСТВО ВИДОВ	УВЕЛИЧЕНИЕ ЗА 5-10 ЛЕТ
ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ВИДОВ ЧЛЕНИСТОНОГИХ		
1908	1	-
1945	12	0,7
1954	25	1,4
1960	137	19
1967	224	12
1975	364	18
1980	428	13
1990	>600	-
2001	540	-
2006	>800	-
ВИДЫ, ИМЕЮЩИЕ МЕДИЦИНСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ		
1960	78	-
1967	105	-
1975	139	-
1980	168	-
1992	180	-
2001	198	-

- Приобретенная устойчивость (резистентность) к инсектоакарицидам – сложный генетический процесс. При обработке популяции инсектоакарицидом большинство нормальных по чувствительности к нему особей погибает под его воздействием. В живых остаются только отдельные экземпляры. Эти особи имеют особые физиолого-биохимические механизмы, способствующие их выживанию. Измененные механизмы устойчивости возникают в популяции самопроизвольно, спонтанно с малой частотой. Приблизительно это одно членистоногое на 100 тысяч - 1 млн. особей и присутствует в популяции до воздействия инсектоакарицида.
- Эти вещества

– сами, как правило, не вызывают подобных изменений, а действуют как фактор отбора устойчивых особей, то есть процесс имеет преадаптивный характер и устойчивость передается по наследству.

- Таким образом, формируется устойчивое потомство, с чем приходится встречаться в практических условиях.
- Для установления наличия резистентности и ее уровня ВОЗ рекомендует ряд методов.
- Некоторые методы разработаны в нашей стране и официально разрешены для применения, что обобщено в Методических указаниях «Определение уровней резистентности насекомых к инсектицидам», 2009.

Государственное санитарно-эпидемиологическое
нормирование
Российской Федерации
Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека

3.5.2. ДЕЗИНСЕКЦИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ УРОВНЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СИНАНТРОПНЫХ НАСЕКОМЫХ К ИНСЕКТИЦИДАМ

Методические указания
МУ 3.5.2.2358-2008
Издание официальное

Москва
2008

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ В ПОПУЛЯЦИЯХ СИНАНТРОПНЫХ НАСЕКОМЫХ

Насекомые	КОЛИЧЕСТВО ВИДОВ	ИНСЕКТОКАРИЦИДЫ
КОМАРЫ		
<i>Anopheles spp.</i>	50	ДДТ (49), ГХЦГ, ФОС (24), карбаматы пиретроиды (10)
<i>Culex</i>	23	ДДТ, ГХЦГ, ФОС, карбаматы, пиретроиды, <i>Bacillus sphaericus</i>
<i>Aedes</i>	21	ДДТ, ГХЦГ, ФОС, карбаматы, пиретроиды
МУХИ		
<i>Musca domestica</i>		ДДТ, ФОС, карбаматы, пиретроиды
ВШИ		
<i>P. humanus humanus</i>		ДДТ, ГХЦГ, малатион, фентион, пиретроиды
<i>P. humanus capitus</i>		
КЛОПЫ	2	ДДТ, ГХЦГ, ФОС, пиретроиды
ТАРАКАНЫ	3	ДДТ, ГХЦГ, ФОС, пиретроиды, карбаматы, фенилпиразолы (фипронил), аминогидразоны

Чувствительность (ПР) *M. domestica* Московской обл.
и Москвы к инсектицидам (1989 г.)

Пункт	Объект	Хлорофос	Перметрин	Фенвалерат
Дмитров	МТФ, маг	3-13	0,3	0,3
Коломна	Ст, маг	6-22	0,1-2	0,1-1,5
Загорск	маг	9	0,4	0,3
Никольское	жилье	14	0,4	0,4
Москва	МАГ	23	3	1,5

Чувствительность (ПР) *M. domestica* областей России, Грузии и Туркмении к инсектицидам (1994 г.)

Место сбора	Хлорофос	ДДВФ	Перметрин	Тетраметрин
Московская обл.	>1400	12-17	0,2 - 3	0,8-3,5
Калужская обл.	> 1000	-	1,4	1-2
Тверская обл.	>1400	1,4	0,7	0,5
Астраханская обл.	>1400	-	0,1	1-2
Грузия,	>1400	-	1-2	-
Туркмения	>1400	-	0,4-0,5	-

Чувствительность (ПР) *M. domestica* из
Псковской обл. к инсектицидам (1998 г.)

Инсектицид	Популяция «ЯЛ»	Популяция «Ковалевка»
ДДВФ	1,1	1,2
Перметрин	0,4	1,6
Циперметрин	-	0,9
Тетраметрин	0,4	0,2

УРОВЕНЬ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КОМНАТНЫХ МУХ К ИНСЕКТИЦИДАМ В г. МОСКВЕ (1999 г.)

ИНСЕКТИЦИДЫ	ПОПУЛЯЦИИ И ПОКАЗАТЕЛИ РЕЗИСТЕНТНОСТИ				
	АЗЛК	КРЫЛАТСКОЕ	ТВЕРСКАЯ	ТЭЦ-26	РАССВЕТ
ДДТ	>30	>30	>30	>30	>30
Хлорофос	>100	>100	>100	>100	>100
ДДВФ	1,3	2,0	1,4	1,4	1,7
Азаметифос	-	3,2	1,6	17,4	22,0
Хлорпирифос	1,2	1,3	1,3	1,0	1,7
Тетраметрин	6,5	22,2	7,3	14,4	2,0
Сумитрин	27,7	25,5	6,6	57,3	3,9
Перметрин	440	47,2	18,5	33,1	133,0
Циперметрин	11,0	10,5	12,3	13,2	39,3
Фенвалерат	5,6	3,4	4,6	5,2	10
Аверсектин С	0,9	0,6	0,7	1,2	1,0



Слева – самка, справа – самец постельного клопа

Материалы сайта www.molbiol.ru

Инсектицид	СК₅₀, %	ДК, %
Диазинон	$3,0 \times 10^{-4}$	0,090
Малатион	$4,0 \times 10^{-4}$	0,007
Хлорофос	0,009	1,40
Хлорпирифос	$2,0 \times 10^{-5}$	0,014
Фентион	$7,0 \times 10^{-6}$	$4,0 \times 10^{-5}$
Бендиокарб	0,016	0,23
Ацетамиприд	$3,4 \times 10^{-4}$	0,0044
Имидаклоприд	$2,6 \times 10^{-4}$	0,0015
Клотианидин	$1,0 \times 10^{-4}$	0,0010
Тиаметоксам	$1,8 \times 10^{-4}$	0,0014

Инсектицид	СК₅₀, %	ДК, %
Имипротрин	0,0019	0,028
Перметрин	0,0056	0,030
Тетраметрин	0,023	0,640
Дельтаметрин	$4,0 \times 10^{-6}$	$8,0 \times 10^{-5}$
Циперметрин	$3,0 \times 10^{-6}$	$8,0 \times 10^{-5}$
Эсфенвалерат	$1,2 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-4}$
Цифлутрин	$6,6 \times 10^{-5}$	$5,0 \times 10^{-4}$
λ-Цигалотрин	$4,0 \times 10^{-5}$	$5,2 \times 10^{-4}$

Резистентность к инсектицидам постельных клопов с объектов Москвы и Астрахани

Инсектицид	Доля устойчивых особей в популяции, %						
	Раса S	РУДН	ОК	Магистр.	Рост.	Объект 1	Объект 2
	Москва					Астрахань	
Фосфорорганические соединения							
Малатион	0	100	100	100	100	60	0
Фентион	0	100	100	100	95	0	0
Хлорпирифос	0	92	90	35	20	0	0
Трихлорфон	0	50	60	100	-	-	-
Производные карбаминовой кислоты							
Бендиокарб	0	70	90	80	-	-	-
Пропоксур	0	100	100	-	-	-	-

Резистентность к инсектицидам постельных клопов с объектов Москвы и Астрахани

Инсектицид	Доля устойчивых особей в популяции, %						
	Раса S	РУДН	ОК	Магистр.	Рост.	Объект 1	Объект 2
	г. Москва					г. Астрахань	
Пиретроиды							
Дельтаметрин	0	90	80	95	100	70	80
Циперметрин	0	100	90	90	90	90	0
Эсфенвалерат	0	100	90	-	-	100	20
Лямбда-цигалотрин	0	85	40	100	71	-	-

Резистентность к инсектицидам постельных клопов с объектов Москвы и Астрахани

Инсектицид	Доля устойчивых особей в популяции, %						
	Раса S	РУДН	ОК	Магистр.	Рост.	Объект 1	Объект 2
	г. Москва					г. Астрахань	
Неоникотиноиды							
Ацетамиприд	0	0	0	0	20	-	-
Имидаклоприд	0	0	0	0	10	-	-
Клотианидин	0	10	0	0	19	-	-
Тиаметоксам	0	0	40	0	60	20	0

- Необходимо отметить, что в исследованных популяциях постельных клопов Москвы, резистентных к пиретроидам и некоторым ФОС, все особи были чувствительными к имидаклоприду и ацетамиприду, но у отдельных популяций доля особей, устойчивых к тиаметоксаму и клотианидину, составляла от 14 до 60%.
- По-видимому, это явление можно объяснить различиями в механизме действия имидаклоприда и тиаметоксама. Согласно имеющимся данным, тиаметоксам и имидаклоприд связываются с разными участками никотиновых рецепторов в никотин-холинэргическом синапсе.
- Клотианидин является прекурсором тиаметоксама в организме насекомых, и, возможно, поэтому спектры резистентности к этим веществам, установленные в наших экспериментах, в некоторой степени сходны.

Головная вошь Платяная вошь Лобковая вошь
(самка) (самец) (самка)

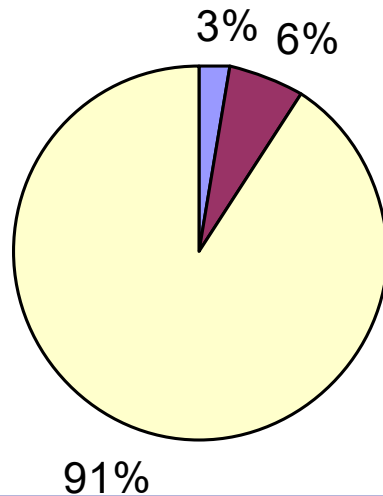


РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ГОЛОВНЫХ ВШЕЙ К ПЕРМЕТРИНУ В МИРЕ



% - доля устойчивых к перметрину особей
(данные фирмы Pohl Boscamp, 2005)

- полностью чувствительные
- полностью устойчивые к перметрину
- микропопуляции, в которых есть резистентные особи



**ДОЛЯ УСТОЙЧИВЫХ К
ПЕРМЕТРИНУ ОСОБЕЙ В
КОНКРЕТНЫХ
МИКРОПОПУЛЯЦИЯХ
ПЛАТЯНЫХ ВШЕЙ
8,7- 100%,
в среднем 52,4%**



**ГОЛОВНЫЕ ВШИ
устойчивы к
перметрину
12,8–77,8% особей**

Инсектицидное действие концентратов эмульсий на основе перметрина на платяных вшей при погружении их в рабочий раствор препарата

Концентрация, %	Экспозиция мин.	Доля выживших особей, % (учет через 20 часов)
0,2	15	11,3- 87,5
0,2	30	47,7 - 60,6
1,0	15	4,0-19,6
1,0	40	4,0- 6,7

(Лопатина, Еремина, 2011)

**Действие концентрата эмульсии на основе
перметрина на яйца головных вшей**

Концентрация, %	Время, мин	Выплод личинок из яиц
0,1	20	+++*
	40	++
0,2	20-40	++
	60-120	+
0,5	20	++
	40	+
1,0	20	++
	40	+
2,0	20-40	+
	20-40	0

(Лопатина, Еремина, 2011)



Действие концентрата эмульсии на перметрине на яйца платяных вшей

Время	Концентрация перметрина, %	Число яиц	Выход личинок из яиц, %
3 часа	0,25	77	10,6
	0,5	213	14,1
	1,0	196	8,25

**Перекрестная устойчивость платяных вшей к инсектицидам,
определенная модифицированным методом ВОЗ**

№ м/ п	Доля устойчивых к инсектициду вшей, %						
	ПИРЕТРОИДЫ				ХОС	ФОС	
	перме- трин	фено- трин	ципер- метрин	дельта- метрин	ДДТ	фен- тион	мала- тион
1	68,5	75,4	-	-	80,8	0	0
2	17,6	17,9	3,8	8,6	16,7	0	0
3	62,6	80,0	49,2	0	63,4	0	0
4	58,3	71,4	19,0	22,2	68,2	0	0
5	29,4	-	38,9	14,3	43,8	0	0

(Лопатина, Еремина, 2011)

КЛЕЩИ

- **Иксодовые клещи Ixodidae**
- Данные о резистентности иксодовых клещей *Ixodes persulcatus* и *I. ricinus* – переносчиков возбудителей клещевого энцефалита, боррелиозов (болезни Лайма) и эрлихиозов в СССР и Чехословакии в период 1968-78 гг. в ВОЗ не поступали.
- Такие данные отсутствуют и в 15-ом Докладе Комитета Экспертов ВОЗ и в публикациях за период 1993-2010 гг.

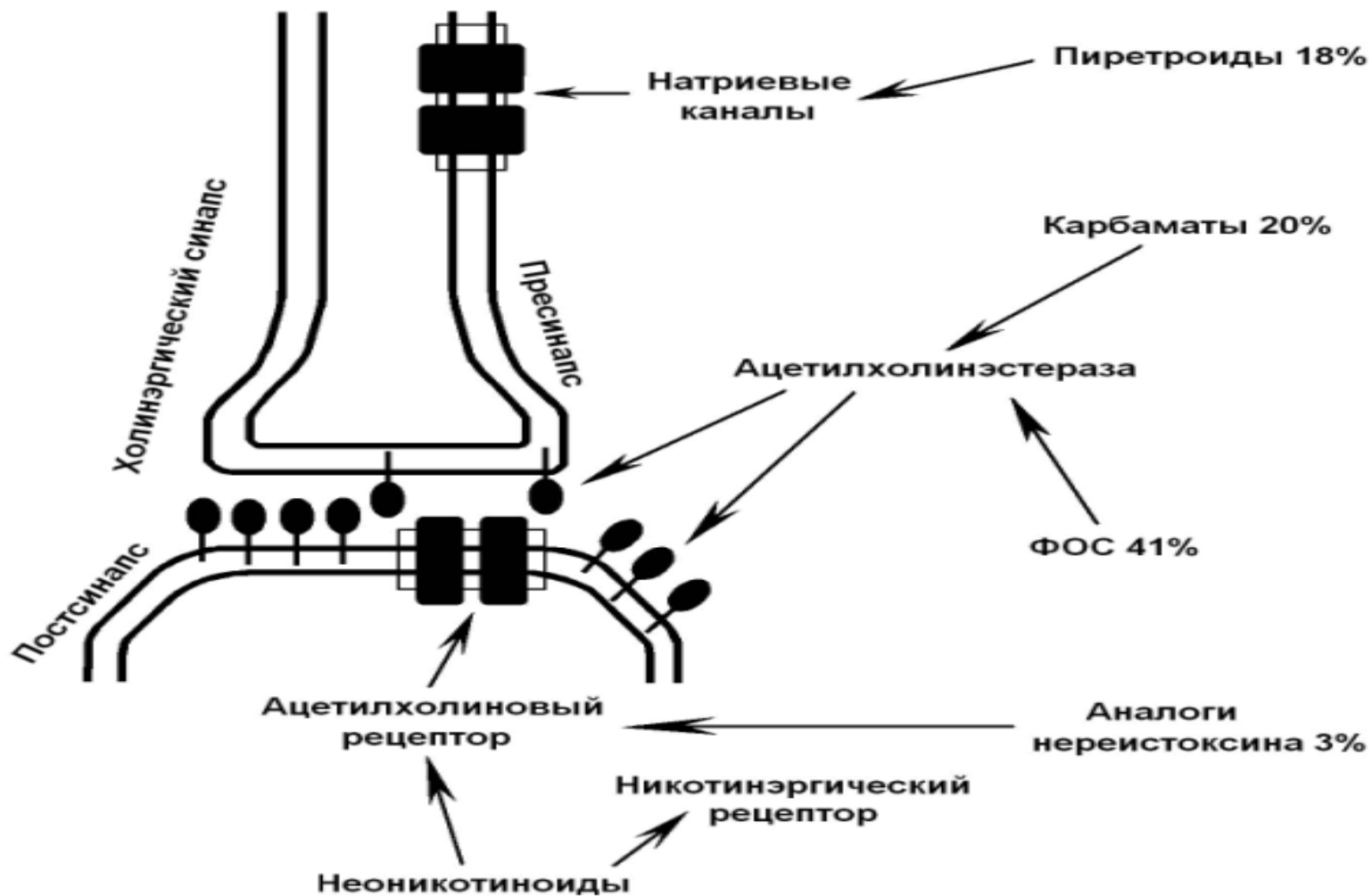
- **Аргассовые клещи Argasidae и гамазовые клещи Gamasidae.**
- Данных о резистентных к акарицидам популяциях аргассовых и гамазовых клещей в России не имеется.

- **Соркаптоидные клещи Sarcoptidae**
- **ЧЕСОТОЧНЫЙ КЛЕЩ *SARCOPTES SCABIE***
- Резистентные популяции к ГХЦГ, пиретроидам (перметрин), авермектинам, кротомитону

МЕХАНИЗМЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ

- 1. Поведенческая устойчивость**
- 2. Изменение физиологических параметров популяции, усиление защитной роли покровов.**
- 3. Устойчивость места (мишени) действия инсектоакарицида:**
 - устойчивая ацетилхолинэстераза (АХЭ)**
 - резистентность, связанная с геном Kdr**
 - устойчивость, связанная с рецептором гамма-аминомасляной кислоты**
- 4. Усиление метаболических процессов за счет повышения активности ферментов:**
 - неспецифических эстераз**
 - монооксигеназ**
 - глутатион-S- трансферез**

Механизм действия инсектицидов на нервную систему насекомых



По мнению ВОЗ (10-й Доклад ВОЗ, 1986, 1988; 15-й Доклад ВОЗ, 1992, 1995), работы по предотвращению образования резистентных популяций переносчиков инфекционных болезней могут проводиться в следующих направлениях:

- применение инсектицидных обработок только в местностях с высоким уровнем передачи инфекций;
- применение инсектоакарицидов только в сезоны наивысшего уровня передачи или активности членистоногих;
- применение нехимических методов борьбы, когда они эффективны и рентабельны;
- замена инсектицидов с остаточным действием инсектицидами без такового;
- применение методов, нацеленных на уничтожение только взрослых самок, а не особей обоих полов или находящихся на разных стадиях развития.
- использование мозаичного применения инсектоакарицидов с учетом уровня резистентности популяций на каждом объекте

СХЕМА РОТАЦИИ ЛАРВИЦИДОВ В БОРЬБЕ С КОМАРАМИ

А. Водоемы нерыбохозяйственного значения открытые и закрытые:

- **фосфорорганические инсектициды** (Карбофос, Фуфанон, Хлорофос, Байтекс, Форс-Сайт и др.);
- **микробиологические средства** (Бактицид, Антинат, Ларвиоль-паста);
- **регуляторы развития - ингибиторы синтеза хитина** (Димилин);
- **регуляторы развития - ювеноиды** (Сумиларв, НайГАРД);
- **пиретроиды** - концентраты эмульсии и смачивающиеся порошки, разрешенные для этих целей;
- **микробиологические препараты** (Бактицид, Антинат, Ларвиоль-паста) и т.д.

Б. Водоемы нерыбохозяйственного значения закрытые

(затопленные подвалы, подземные коммуникации, тоннели метрополитена - зуфы и др.):

- **фосфорорганические инсектициды** (Карбофос, Фуфанон, Хлорофос, Байтекс, Форс-Сайт и др.);
- **микробиологические средства** (Бактицид, Антинат, Ларвиоль-паста);
- **регуляторы развития ингибиторы синтеза хитина** (Димилин);
- **нефтяные углеводороды** (МЛО, АЛМОЛЬ МЛО);
- **регуляторы развития ювеноиды** (Сумиларв. НайГАРД);
- **пиретроиды** - концентраты эмульсии и смачивающиеся порошки, разрешенные для этих целей;
- **микробиологические препараты** (Бактицид, Антинат, Ларвиоль-паста).

Схема ротации инсектицидных приманок и гелей в борьбе со взрослыми мухами

- **фосфорорганические инсектициды** (Хлорофос);
- **неоникотиноиды** тиаметоксам (АГИТА, Адамант-приманка от мух);
- **карбаматы** - метомил (Мускачид, ФЛАЙ БАЙТ, Метакил и др.);
- **неоникотиноиды** - имидаклоприд (КВИК БАЙТ), ацетамиприд (МОСКИНА)
- **Пиретроиды**

Схема ротации ларвицидов для уничтожения личинок мух

- **фосфорорганические инсектициды** (Карбофос, Фуфанон, Хлорофос, Байтекс, Форс-Сайт, Сульфокс, Медилис-супер и др.);
- **регуляторы развития** - ювеноиды (Сумиларв, НайГАРД);
- **регуляторы развития** - ингибиторы синтеза - хитина (Димилин);
- **пиретроиды** - концентраты эмульсии и смачивающиеся порошки, разрешенные для этих целей;
- **фосфорорганические инсектициды** (Карбофос, Фуфанон, Хлорофос, Байтекс, Форс-Сайт, Сульфокс, Медилис-супер и др.).

Схема ротации инсектицидных приманок для уничтожения тараканов

- борная кислота;
- **фосфорорганические инсектициды** (хлорпирифос, диазинон, фенитротион);
- **аминогидразоны** - гидраметилон (Комбат Супербайт, Комбат гель желтая формула и др);
- **авермектины** - аверсектин С (Унитар, Фитар), абамектин (Рейд Макс - приманка от тараканов)
- **регуляторы развития** - ювеноиды гидропрен (Рейд Макс - регулятор размножения тараканов);
- **пиретроиды** - циперметрин, альфациперметрин и другие
- борная кислота;
- **сульфонфторамиды** (Алстар);
- **неоникотиноиды** - имидаклоприд (Максфорс ИК);
- **фенилпиразолы** - фипронил (Максфорс голд и др.);
- борная кислота;
- пиретроиды;

Схемы чередования инсектицидов для борьбы с клопами

- - неоникотиноиды (имidakлоприд, ацетамиприд)
- ФОС (хлорпирифос, хлорофос, фентион, малатион)
- - пиретроиды (циперметрин, дельтаметрин, зетаметрин, лямбда-цигалотрин, цифлутрин);
- - производные карбаминовой кислоты (пропоксур);

Схема ротации педикулицидов для уничтожения ГОЛОВНЫХ ВШЕЙ

- средства в виде лосьонов на эфирных маслах - анисовое, гвоздичное (ПЕДИКУЛЕН Ультра, МЕДИЛИС-био от вшей);
- средства на основе силиконов (НЮДА, Хедрин);
- средства на основе смеси перметрина с фентионом (Форсайт Антивошь, Клинч) или перметрина с малатионом (Пара-Плюс);
- различные формы на основе минеральных масел с добавкой 4% диметикона – ПАРАНИТ лосьон, Паранит шампунь и Паранит спрей
- Средство на основе смеси изопропилмиристата и циклометикона (ФУЛЛ МАРКС)
- средства на основе фентиона (Сульфокс, Медилис-супер, Доброхим ФОС)

Схема ротации инсектицидных приманок и гелей для уничтожения муравьев

- средства на основе буры или смеси буры и борной кислоты;
- **фосфорорганические инсектициды** (хлорпирифос, диазинон, фенитроцион);
- **аминогидразоны** - гидраметилнон (Комбат Суператтак, Комбат гель желтая формула);
- **авермектины** - аверсектин С (Фитар), абамектин (Рейд МАКС - приманка от тараканов);
- **пиретроиды** - циперметрин, альфациперметрин и другие
- средства на основе буры или смеси буры и борной кислоты;
- **сульфонфторамиды** (Алстар);
- **неоникотиноиды** - имидаклоприд (Максфорс ИК);
- **фенилпиразолы** - фипронил (Максфорс голд и др.);
- **средства на основе буры или смеси буры и борной кислоты;**
- **пиретроиды;**
- **аминогидразоны** и т.п.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные схемы ротации (чередования), конечно, теоретические и не всегда могут быть оправданы и давать необходимую эффективность, поскольку, как правило, неизвестно состояние популяции на объекте, какими средствами ранее обрабатывали этот объект, устойчивость популяции к различным инсектоакарицидам, механизмы этой устойчивости (активность детоксицирующих ферментов, устойчивость основного места действия инсектицидов).

После изучения хотя бы одного из этих параметров у популяции на объекте можно использовать с соответствующими поправками рекомендованные схемы чередования инсектоакарицидов или применять мозаичные обработки.