

На правах рукописи  
УДК 574:595.4/595.7 : 504.054

БЕЛЬСКАЯ  
Елена Анатольевна

СООБЩЕСТВА ХИЩНЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ В УСЛОВИЯХ  
ХИМИЧЕСКОГО СТРЕССА

0.3.00.16 – экология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Екатеринбург – 2001



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Хищные членистоногие выполняют функцию регуляторов численности фитофагов как в природных, так и в созданных человеком экосистемах. Вместе с тем, эта группа консументов высшего порядка особенно чувствительна к воздействию токсикантов, многие из которых способны накапливаться в пищевых цепях. Эти две биологические особенности хищников обуславливают их приоритет при изучении токсических эффектов пестицидов - одного из мощных современных факторов воздействия человека на экосистемы. Хищные членистоногие представляют собой группу, весьма разнородную с точки зрения их таксономического состава и особенностей экологии: подбора микроместообитаний, пищевой специализации, ритмов активности. Таким образом, на примере хищных членистоногих удается проследить ответные реакции на токсическое воздействие у представителей разных экологических ниш.

Одной из наиболее широко используемых групп пестицидов являются пиретроидные инсектициды, а среди них – децис (действующее вещество – дельтаметрин).

Изучение реакций биологических систем на воздействие пестицидов связано с решением таких проблем в экологии, как исследование структурно-функциональной организации и устойчивости биологических систем в условиях токсического воздействия и сохранение биологического разнообразия. На сегодняшний день почти нет работ, в которых в комплексе прослеживались бы реакции биологических систем разных уровней организации на токсическое воздействие пиретроидных инсектицидов.

Общепринятыми критериями токсичности инсектицидов для энтомофагов в настоящее время служат острая токсичность, выраженная в показателях  $СД_{50}$  (среднесмертельная доза) и  $СК_{50}$  (среднесмертельная концентрация), избирательность действия, длительность токсического воздействия на обработанных растениях, скорость восстановления численности энтомофагов после обработки. По-прежнему сравнительно мало учитываются сдвиги биохимических показателей у пораженных особей, а также отдаленные эффекты токсического действия: нарушение процессов онтогенеза после контакта с ядом, изменение жизнеспособности особей в дочерних поколениях, влияние сублетальных доз токсикантов на плодовитость и соотношение полов. Подобные эффекты могут привести к значительным изменениям на популяционном уровне, а их выраженность - служить мерой токсичности пестицида для полезной энтомофауны.

Цель исследования. Цель работы - изучить широкий спектр реакций хищных членистоногих на токсическое воздействие, включающий структурные и динамиче-

ские показатели сообществ и популяций, эффекты организменного и субклеточного уровня.

Автором выносятся на защиту следующие положения:

1. Дифференцированная возрастная чувствительность хищных энтомофагов к пиретроидным инсектицидам, в основе которой лежат различия в строении и функционировании систем детоксикации ядов, приводит к снижению численности личинок на обработанных участках поля, нарушению воспроизводства локальной популяции, трансформации возрастной структуры в сторону преобладания имаго.

2. Интенсивный химический стресс (сублетальные дозы пиретроидов) приводит к разнообразным отдаленным эффектам: повышению смертности личинок в процессе онтогенеза, увеличению длительности развития, появлению уродливых форм имаго в материнском и дочернем поколениях.

3. В силу видоспецифичных физиологических и поведенческих реакций хищных энтомофагов на токсическое воздействие изменяются таксономическая и функциональная структура сообщества хищных членистоногих, численность и вертикальная структура популяций конкретных видов.

Эти положения сформулированы на основе решения следующих задач:

1. Выбор модельного объекта на основе сравнения чувствительности разных видов энтомофагов к пиретроидным инсектицидам.

2. Изучение реакций организменного уровня у модельного объекта на токсическое воздействие дециса: изменение чувствительности особей на разных стадиях онтогенеза и длительности развития контактных личинок.

3. Определение воздействия дециса на биохимические характеристики модельного объекта: активность холинэстераз и содержание фосфолипидов.

4. Изучение воздействия сублетальных доз и отдаленных последствий контакта с децисом для модельного объекта: выживаемость особей после прекращения контакта, репродуктивные показатели, размеры имаго, соотношение полов; аналогичные показатели в дочернем поколении.

5. Изучение структуры и динамики численности сообществ и популяций хищных членистоногих в условиях применения дециса.

Научная новизна. Работа представляет комплексное исследование реакций сообществ, популяций и отдельных особей (на организменном и субклеточном уровне) хищных членистоногих на токсическое воздействие пиретроида дециса. Впервые изучены изменение чувствительности к децису широко распространенного вида хищников - коровки семиточечной (*Coccinella septempunctata* L.) в процессе онтогенеза био-

химические реакции личинок на токсическое воздействие дециса, отдаленные последствия этого воздействия на личинок и имаго коровки.

Практическое значение. Выделен тест-объект для биоиндикации токсического действия синтетических пиретроидов на энтомофауну агроценозов – личинки второго возраста коровки семиточечной, показатель смертности которых при высаживании их на фрагменты обработанных растений можно использовать при биоиндикации загрязнения растений децисом. Выведенные уравнения зависимости смертности личинок от содержания дециса в обработанных растениях позволяют дать оценку остаточного количества препарата в зеленой массе пшеницы и картофеля. Результаты работы могут быть использованы при прогнозировании состояния биоты в условиях пестицидного стресса.

Публикация результатов и апробация работы. По материалам диссертации опубликовано 7 работ. Результаты исследований были представлены на конференциях «Охраняемые природные территории» (Пермь, 1994), «Стратегические направления экологических исследований на Урале и экологическая политика» (Екатеринбург, 1999), научно – практическом семинаре «Экологические проблемы промышленных регионов» (Екатеринбург, 1998) и открытых научных семинарах лаборатории популяционной экотоксикологии Института экологии растений и животных.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и списка литературы. Общий объем составляет 156 страниц, включая 21 таблицу и 34 рисунка. Список литературы содержит 175 наименований, из них 61 - на иностранных языках.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

Дана характеристика пиретроидных инсектицидов, наиболее часто применяемых в защите растений. На примере хищных членистоногих описаны реакции биологических систем различных уровней организации: субклеточного, организменного, популяционного и ценотического - в условиях применения пиретроидов. Отмечена недостаточная изученность отдельных вопросов воздействия пиретроидов на биологические системы: изменения структуры сообществ и популяций хищных членистоногих (возрастной состав, пространственное распределение), поведения, биохимических характеристик, а также отдаленных эффектов воздействия. Отсутствие ком-

плексных работ по изучению эффектов воздействия пиретроидов затрудняет определение взаимосвязи реакций на разных уровнях организации и прогнозирование возможных последствий применения пиретроидов.

## Глава 2. ВЫБОР МОДЕЛЬНОГО ВИДА ДЛЯ БИОИНДИКАЦИИ ПОБОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ПИРЕТРОИДОВ НА ХИЩНИКОВ-ЭНТОМОФАГОВ

Выбор модельного вида продиктован необходимостью изучения биохимических реакций и реакций организменного уровня на воздействие пиретроидов и их связи с реакциями более высоких уровней организации биологических систем.

Нами проанализированы литературные данные лабораторных экспериментов по определению чувствительности 14 видов из 8 семейств 5 отрядов хищных членистоногих к 7 пиретроидам, полученные методами топикальной обработки и контакта с обработанной поверхностью. Данный анализ позволил расположить имаго хищных членистоногих по мере убывания чувствительности к пиретроидам в следующий ряд: клопы сем. Anthocoridae (*Orius niger*, *Deraecoris punctulatus*)> *Chrysopa carnea*> клопы сем. Nabidae (*Nabis palifer*)>пауки *Oedothorax apricatus*>кокциеллиды (*Adalia bipunctata*, *Coccinella septempunctata*)>жужелицы (*Pseudoophonus rufipes*, *Pterostichus cupreus*)>клопы сем. Pentatomidae (*Podisus maculiventris*). Для личинок этот ряд выглядит следующим образом: *C. septempunctata*> клопы сем. Anthocoridae (*Anthocoris nemorum*, *Orius minutus*)>сирфиды (*Episyrphus balteatus*)>златоглазка *Ch. carnea*.

Изучение действия ядов на организменном уровне проводят в лабораторных условиях, поэтому при выборе тест-объекта необходимо знание биологии вида и наличие доступной методики его разведения.

Изучение эффектов воздействия пестицидов на популяции членистоногих в природе требует подбора модельных видов с высокой экологической пластичностью, и, как следствие, с широким ареалом, встречающихся в различных биотопах. Видоиндикаторы должны иметь достаточно высокую численность. В условиях Свердловской области на полях зерновых культур среди герпетобионтов наиболее часто встречаются жужелицы *Harpalus (Pseudoophonus) rufipes* и *Poecilus (Pterostichus) cupreus*, а среди хортобионтов - кокциеллиды, среди которых преобладает *C. septempunctata*, и сирфиды.

Мы выбрали коровку семиточечную (*C. septempunctata*) в качестве тест-объекта для изучения действия пиретроидных инсектицидов на хищных членистоногих и биондикации загрязнения агроценозов пиретроидными инсектицидами. Преимуществами коровки семиточечной перед другими видами хищных членистоногих являются сочетание повышенной чувствительности к пиретроидам, высокой численности в природе, экологической пластичности, хорошей изученности биологии и относительной простоты лабораторного разведения.

### Глава 3. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАБОТЫ.

Объекты исследований. В качестве объектов исследований были выбраны хищные членистоногие, обитающие в агроценозах Свердловской области: паукообразные (пауки и сенокосцы), жужелицы, стафилиниды, кокцинеллиды и сирфиды.

Схема экспериментов включала три уровня проведения исследований: лабораторные и полуполевого вегетационные опыты (субклеточные и организменные реакции хищников на воздействие дециса) и полевые исследования (реакции популяций и сообществ).

В лабораторных и вегетационных опытах использовали модельный вид – коровку семиточечную, имаго которой собирали на необработанных пестицидами участках вдоль опушек леса и получали от них потомство в лаборатории.

Лабораторную оценку токсичности дециса проводили при индивидуальном содержании личинок (1213 особи) и имаго (226 жуков) в чашках Петри методом контакта с обработанной поверхностью (Методические..., 1977). Применяли водные эмульсии дециса, 2,5 % д.в. (Руссель, УКЛАФ, Франция). Часть личинок замораживали и в дальнейшем использовали в биохимических опытах.

В вегетационных опытах личинок и имаго коровки содержали в стеклянных садках (10 особей/садок) на листьях обработанных растений, ежедневно добавляя корм и учитывая смертность.

Овицидное действие дециса наблюдали при прямом опрыскивании яиц коровки водной эмульсией препарата в производственной концентрации ( $0,25 \times 10^{-2}$  % по д.в.).

Для биохимических исследований использовали контрольных и контактировавших с децисом ( $0,5 \times 10^{-4}$  % по д.в.) личинок. Определяли каталитическую активность холинэстеразы (Элман, 1961; методика определения тканевой ХЭ

RAICHEM™, 1994), проводили электрофоретическое разделение эстераз (Маурер, 1971), разгонку липидов и фосфолипидов методом тонкослойной хроматографии на силикагеле LS 5/40 и по хроматограммам рассчитывали содержание фосфолипидов с использованием спектрофотометра СФ – 46. Экстракцию липидов из ткани проводили по Блайю и Дайэру (Кейтс, 1975).

Динамику токсичности дециса на листьях картофеля и пшеницы для личинок коровки изучали при индивидуальном содержании личинок в чашках Петри на фрагментах обработанных растений в течение одних суток (по 10 личинок в контроле и опыте). Растения в мелкоделяночном опыте обрабатывали децисом из ранцевого опрыскивателя (7,5 г д.в./га) в фазе развития пшеницы - выход в трубку, картофеля – до смыкания рядков. Образцы растений брали в день обработки и далее - на 2-й, 4-й, 7-й, 10-й, 14-й, 17-й, 21-й день. Одновременно токсикологической лабораторией проводилось определение остаточных количеств дециса в листьях обработанных растений.

При определении отдаленных эффектов воздействия дециса на имаго учитывали показатели плодовитости: количество яйцекладок, яиц в них и число отродившихся личинок. Личинок из опыта и контроля доращивали индивидуально до имаго, отмечая гибель особей, продолжительность развития, пол и размеры жуков дочернего поколения. Получено и проанализировано 399 яйцекладок от 24 пар жуков, оставлено на доращивание 197 личинок, получено 83 имаго.

Аналогично доращивали контрольных и пораженных личинок второго, третьего и четвертого возраста (371 особь) из опыта по оценке токсичности дециса. Учитывали смертность особей в онтогенезе, длительность развития, соотношение полов и размеры имаго, вышедших из куколок.

Реакции популяций и сообществ в полевых исследованиях изучали на примере наиболее многочисленных таксонов: паукообразных, жужелицах, стафилинидах, кокцинеллидах и сирфидах. Учеты численности вредителей и энтомофагов проводили на двух участках пшеничного поля, один из которых, площадью 400 - 900 кв. м., обрабатывали из ранцевого опрыскивателя децисом (7,5 г д.в. /га). Обработку растений проводили в фазе выхода в трубку в период нарастания численности сосущих вредителей.

Численность вредителей и энтомофагов учитывали на 7-й, 10-й, 14-й, 17-й, 21-й день после опрыскивания. Использовали два метода учета: кошение энтомологическим сачком и почвенные ловушки. При учете куколок кокцинеллид проводили визуальный осмотр растений.

За период наблюдений отловлено и определено 568 особей шести видов кокцинеллид и 6859 особей жужелиц, относящихся к 53 видам 18 родов.

Количественная оценка результатов исследования проведена с помощью стандартных статистических методов (Лакин, 1990). Чувствительность особей в токсикологических экспериментах определяли методом пробит-анализа (Статистическая..., 1971).

#### Глава 4. ТОКСИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ДЕЦИСА НА КОРОВКУ СЕМИТОЧЕЧНУЮ

При изучении чувствительности коровки на разных стадиях онтогенеза рассматривали токсическое действие дециса на яйца, личинок второго, третьего, четвертого возрастов и имаго.

По нашим наблюдениям, после обработки яиц коровки децисом развитие эмбрионов некоторое время продолжалось. Однако сформировавшиеся личинки погибали либо внутри яйца, либо в момент выхода. Лишь  $6,3 \pm 3,5\%$  личинок отродились из обработанных яиц. Но все они погибли, не питаясь, в первые сутки после отрождения. В контроле личинки коровок вышли из  $58,9 \pm 9,1\%$  яиц. Они питались и развивались без видимых нарушений.

Личинки второго возраста обнаружили достоверно более высокую чувствительность, чем личинки третьего и четвертого возрастов и имаго. Чувствительность личинок третьего и четвертого возрастов различалась незначительно. Среднесмертельные концентрации препарата для личинок при учете гибели в течение одних суток составляли по их возрастам: для второго возраста -  $0,15 \times 10^{-3}\%$  по д.в., ( $0,1 \times 10^{-3} - 0,22 \times 10^{-3}\%$ ), для третьего -  $0,6 \times 10^{-3}\%$  ( $0,42 \times 10^{-3} - 0,92 \times 10^{-3}\%$ ) и для четвертого -  $0,43 \times 10^{-3}\%$  ( $0,29 \times 10^{-3} - 0,62 \times 10^{-3}\%$ ). Среднесмертельная концентрация препарата для имаго при учете смертности в течение суток контакта с ядом в 25,5 раз превышала этот же показатель у личинок второго возраста.

Более высокая чувствительность личинок второго возраста к децису по сравнению с имаго и личинками четвертого возраста подтверждалась в вегетационных опытах. Гибель личинок второго возраста и имаго в садках составила на листьях капусты в первые сутки после обработки растений соответственно  $64,9 \pm 8,7\%$  и  $0\%$ , на клевере (десятые сутки)  $70,0 \pm 14,5\%$  и  $20,0 \pm 12,6\%$ . Гибель личинок второго и четвертого возрастов на картофеле (десятые сутки) составила  $33,3 \pm 14,9\%$  и  $0\%$ , соответственно.

Личинок второго возраста использовали в опытах по определению динамики токсичности дециса на листьях обработанных растений для коровки семиточечной.

Содержание дециса в пробах растений показано в таблице 1. Снижение содержания дециса в растениях тесно связано со сроком с момента обработки. Коэффицици-

ент корреляции (г) равен -0,85 - на пшенице и -0,98 -на картофеле. Поэтому мы изучали токсичность дециса для личинок коровки в зависимости от срока с момента обработки растений.

Таблица 1

Содержание дециса в листьях обработанных растений

День после обработки	Остаточное количество, мкг/г сырой массы*			
	1997 г.		1998 г.	
	пшеница	картофель	пшеница	картофель
0	0,088	-	0,210	0,105
2	0,103	0,088	0,123	0,368
4	0,024	-	0,070	0,018
7	0,024	0,064	0,005	0,020
10	0,008	0,016	0,005	0,000
14	0,000	0,000	-	0,000
18	0,009	-	-	0,000
22	0,008	0,002	-	-

\*среднее значение определения  $82,3 \pm 2,3\%$ ,  
относительное стандартное отклонение 2,8%

Для характеристики степени поражения личинок при контакте с децисом мы разработали следующую шкалу:

- IV - без видимых признаков поражения;
- III - слабая (легкое расстройство координации движения, темные пятна на фильтрах);
- II - средняя (сильное расстройство координации, личинки способны передвигаться);
- I - сильная (координация полностью нарушена, личинки реагируют на прикосновение препаровальной иглы изгибанием тела или подергиванием конечностей);
- погибшие - личинки не реагируют на прикосновение препаровальной иглы.

Ответную реакцию личинок при контакте с обработанными растениями в виде смертности и поражения различной степени наблюдали на пшенице в течение 10 – 18, на картофеле – 18-29 дней при содержании дециса менее 0,009 и 0,002 мкг/г зеленой массы, соответственно. Смертность личинок находилась в тесной связи с содержанием дециса в листьях. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена составлял в разные годы на картофеле 1,0 - 0,86, на пшенице - 0,98 - 0,72. Зависимость смертности личинок второго возраста коровки от содержания дециса в листьях картофеля описывается уравнением:

$$y = 1,184 + 0,396 \text{ Lg}(x),$$

где  $y$  – смертность (доля),

$x$  – остаточное количество (мг/кг);  $r = 0,845$ ,  $t = 4,48 > t_{\text{табл.}}$  при  $p < 0,01$ .

Для пшеницы уравнение имеет вид:

$$y = 0,482 + 0,204 \text{ Lg}(x),$$

$r = 0,683$ ,  $t = 3,24 > t_{\text{табл.}}$  при  $p < 0,01$ .

Изменение биохимических характеристик личинок под воздействием контакта с децисом проявлялось в снижении активности **холинэстеразы**, усилении быстро движущихся и исчезновении медленно движущихся фракций эстераз и увеличении содержания всех фосфолипидных фракций по сравнению с контролем.

Снижение каталитической активности холинэстеразы у личинок третьего возраста III, II, и I степени поражения составило около 50% по сравнению с контролем:  $1,28$ ,  $1,12 \pm 0,01$  и  $1,48 \pm 0,11$ , соответственно, в контроле -  $2,97 \pm 0,23$  мкмоль / г сухой ткани/ мин. Достоверность различий доказана также и для личинок II степени поражения и погибших личинок второго возраста.

В гомогенатах контрольных личинок третьего возраста нами выделено четыре фракции эстераз, у личинок второго возраста - три фракции. По данным О.Ю. Ереминой и С.А. Рославцевой (1987), в гомогенатах тканей имаго коровки семиточечной выявлено семь фракций эстераз. Следовательно, в онтогенезе коровки семиточечной происходит увеличение количества фракций эстераз, что свидетельствует о более совершенном комплексе ферментов детоксикации у имаго по сравнению с личинками.

У личинок всех степеней поражения наблюдалось изменение электрофореграмм эстераз. Мы выделили два типа изменений относительно контроля: усиление быстро движущихся и исчезновение медленно движущихся фракций. Под усилением подразумевается увеличение толщины полос и появление новых фракций. У личинок второго и третьего возраста I степени поражения насчитывалось до 4 и 8 фракций эстераз, соответственно. В то же время, в ряде случаев регистрировали сильное угнетение комплекса эстераз. Так, у некоторых погибших и сильно пораженных личинок на электрофореграмме было заметно лишь две их фракции.

Количественный анализ **фосфолипидов** показал достоверное увеличение содержания всех фосфолипидных фракций у контактных личинок второго возраста по сравнению с контролем, которое, как правило, возрастало при повышении степени поражения личинки (рис. 1). У контактных личинок старших возрастов достоверные отличия от контроля в содержании фосфолипидов наблюдали только при высоких

степенях поражения и только по отдельным фракциям. Мы считаем, что увеличение содержания фосфолипидов является следствием повреждающего воздействия дециса и направлено на быстрое восстановление жизнедеятельности клетки и всего организма.

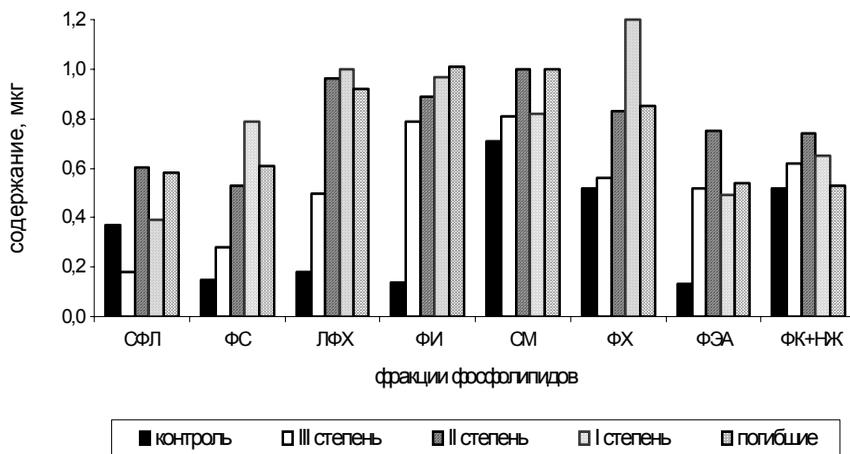


Рис. 1. Изменение фосфолипидного состава у личинок второго возраста коровки семиточечной после контакта с децисом. I, II, III степень – степени поражения личинок: СФЛ - стартовые фосфолипиды, ФС – фосфатидил серин, ЛФХ – лизофосфатидилхолин, ФИ – фосфатидилинозит, СМ – сфингомиелин, ФХ – фосфатидилхолин, ФЭА – фосфатидилэтаноламин, ФК+НЖ – фосфатидные кислоты + нейтральные жиры

Изучая отдаленные эффекты воздействия дециса, мы учитывали выживаемость пораженных личинок в процессе онтогенеза, длительность их развития, а также соотношение полов, размеры и наличие уродств (тератогенность) у имаго в поколении, контактировавшем с децисом на стадии личинки. Уродствами мы называем искривления надкрылий в результате неполного их развертывания после выхода имаго из куколки. Отдельно изучали контакт имаго коровки с децисом и его влияние на репродуктивные показатели самок и дочернее поколение.

Смертность пораженных личинок увеличивалась в процессе их развития до куколки по сравнению с контролем. Достоверные различия получены в случае средней и сильной степени поражения (табл. 2).

Таблица 2

## Отдаленные эффекты воздействия дециса на личинок коровки семиточечной

Степень поражения	Смертность, %		Общая продолжительность развития, сутки	Коэффициент вариации размеров надкрылий, %				Уродства имаго, %
	личинки	предкуколки + куколки		самки		самцы		
				длина	ширина	длина	ширина	
второй возраст								
контроль	18,5 ± 7,5	0	11,6 ± 0,3	8,1 ± 1,6	7,5 ± 1,5	3,6 ± 0,9	5,0 ± 1,3	0
IV	28,6 ± 17,1	0	13,0 ± 0,8	3,1 ± 1,3	7,2 ± 2,9	-	-	20,0 ± 17,9
III	38,9 ± 11,5	9,1 ± 8,7	12,0 ± 0,5	10,0 ± 3,2	7,3 ± 2,3	6,4 ± 2,0	8,3 ± 2,4	0
II	57,7 ± 9,7*	0	13,5 ± 0,6*	6,3 ± 1,8	4,9 ± 1,4	3,8 ± 1,3	5,3 ± 2,2	0
I	90,5 ± 4,5*	0	14,8 ± 0,8*	1,5 ± 0,6	7,1 ± 2,9	-	-	0
третий возраст								
контроль	20,5 ± 5,7	5,7 ± 3,6	11,9 ± 0,3	8,0 ± 1,2	11,1 ± 1,7	9,3 ± 1,6	9,9 ± 1,6	0
IV	50,0 ± 15,8	20,0 ± 17,9	13,5 ± 0,6*	-	-	5,8 ± 2,3	4,1 ± 1,7	0
III	53,7 ± 7,8*	5,3 ± 5,1	12,9 ± 0,3*	4,5 ± 1,3*	8,0 ± 2,3	6,5 ± 1,4	6,7 ± 1,4	11,1 ± 7,4
II	75,0 ± 5,8*	28,6 ± 12,1	13,5 ± 0,6*	1,7 ± 0,6*	5,0 ± 1,6*	9,9 ± 3,1	8,9 ± 2,8	0
I	96,2 ± 3,8*	0	11,9 ± 0,3	-	-	-	-	0

В вариантах с контактными личинками отмечено появление уродливых имаго. В контроле уродства отсутствовали (табл. 2).

Длительность восстановления жизнедеятельности выжившими личинками зависела от тяжести поражения, достоверно увеличиваясь у личинок с явными признаками поражения (табл.2). Это происходило в основном за счет увеличения продолжительности возрастной стадии, на которой личинка контактировала с пиретроидом.

В некоторых случаях отмечено изменение средних размеров имаго в поколении, контактировавшем с децисом на стадии личинки. Достоверное уменьшение длины и ширины надкрылий наблюдали у самок, полученных от личинок четвертого возраста в вариантах с контактными личинками III, II и I степени поражения, самцов - II степени поражения. Заметна тенденция к снижению варьирования размеров самок, полученных от контактных личинок по сравнению с контролем (табл.2).

Не обнаружено достоверных различий в соотношении полов между имаго, полученными от контактных личинок, и контрольными.

Самки коровки семиточечной не откладывали яйца на обработанные растения. Откладка яиц прекращалась в первый же день после помещения жуков в садки с листьями капусты, обработанными децисом ( $2,5 \times 10^{-3}$  % по д.в.). После пересадки насекомых на необработанные растения откладка яиц возобновлялась лишь через неделю. В контроле самки откладывали яйца непрерывно в течение месяца.

Было изучено влияние контакта имаго с децисом на такие репродуктивные показатели самок, как среднее количество яиц, отложенное одной самкой в день, размер кладки и отрождаемость личинок. Наблюдалось увеличение изменчивости среднесуточного количества яиц на самку после контакта с децисом, как между самками (межиндивидуальная) так и у отдельных особей (внутрииндивидуальная). Различия имеют характер тенденции. Среднее количество яиц в кладке в опыте и контроле достоверно не различались.

Отрождаемость личинок из яиц от контактных и контрольных самок изменялась не направленно: в разные годы наблюдалось как повышение доли отродившихся личинок из яйцекладок от контактных имаго, так и достоверное снижение этого показателя по сравнению с контролем.

В дочернем поколении не обнаружено достоверных различий в смертности особей с момента выхода из яйца и до окукливания, а также в длительности развития личинок и размерах имаго дочернего поколения в опыте и контроле. Доля уродливых имаго в потомстве от самок, контактировавших с децисом, составила  $9,3 \pm 1,5$  %, в контроле:  $2,5 \pm 2,5$  %.

## Глава 5. РЕАКЦИИ ПОПУЛЯЦИЙ И СООБЩЕСТВ ФИТО- И ЭНТОМОФАГОВ НА ОБРАБОТКУ ДЕЦИСОМ.

В период налива зерна наибольший ущерб наносят сосущие насекомые: тли, трипсы, растительноядные клопы и цикадки. Было установлено, что обработка децисом пшеницы в фазе выхода в трубку снижала численность трипсов в течение 17-21, тлей – 10-17, клопов – 7-10, цикадок – 11-21 дней. В дальнейшем происходило нарастание численности растительноядных насекомых. Численность тлей, клопов и цикадок на обработанном участке спустя две недели после обработки превышала численность в контроле.

В сообществе хищников - герпетобионтов наиболее многочисленными были жуужелицы (46-66%) и паукообразные (23-24%). Клопы и сетчатокрылые встречались единично. Среди хортобионтов доминировали кокцинеллиды и сирфиды. Их доля в сборах кошением варьировала по годам исследований от 16% до 74% для кокцинеллид и 11 – 78% - сирфид.

Токсическое воздействие обработки децисом на популяции и сообщества хищных энтомофагов сохранялось в течение всего периода наблюдений (рис. 2, 3).

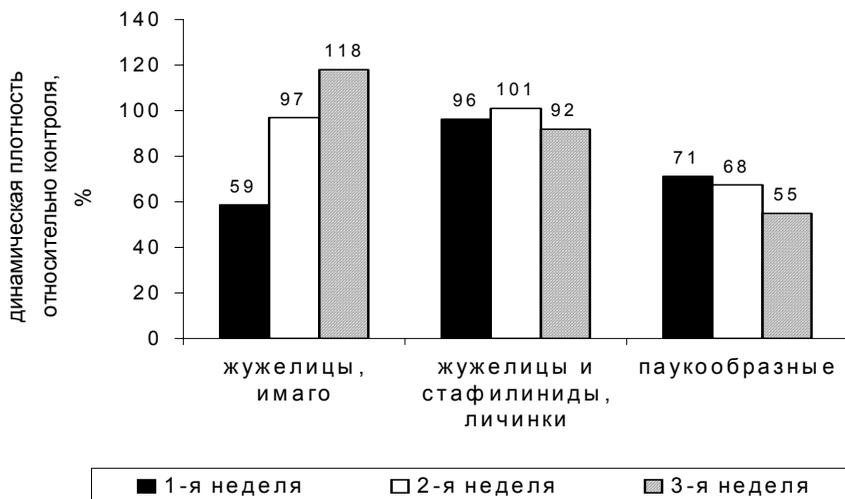


Рис. 2. Изменение плотности населения хищников - герпетобионтов на поле яровой пшеницы в течение трех недель после обработки децисом

Наиболее выраженная и продолжительная реакция на обработку отмечена у паукообразных. Численность этих хищников снижалась на 29 % в течение первой и на 45 % - третьей недели после обработки (рис.2).

У жужелиц наблюдали снижение численности имаго в течение недели после обработки. В дальнейшем происходило выравнивание численности жужелиц на обработанном и контрольном участках. В течение третьей недели после обработки численность жужелиц в варианте с децисом превышала данный показатель в контроле (рис. 2).

Среди 53 видов жужелиц, встречавшихся в уловах почвенными ловушками, в начале лета доминировали *Poecilus cupreus* L., виды р. *Bembidion* (*B. lampros* Hbst., *B. properans* Steph., *B. quadrimaculatum* L.), позднее в разряд доминантов вошли *Harpalus rufipes* Deg., *H. affinis* Schrnk., *Synuchus vivalis* Pk..

Наиболее сильно децис угнетал крупных зоофагов (рис. 3).

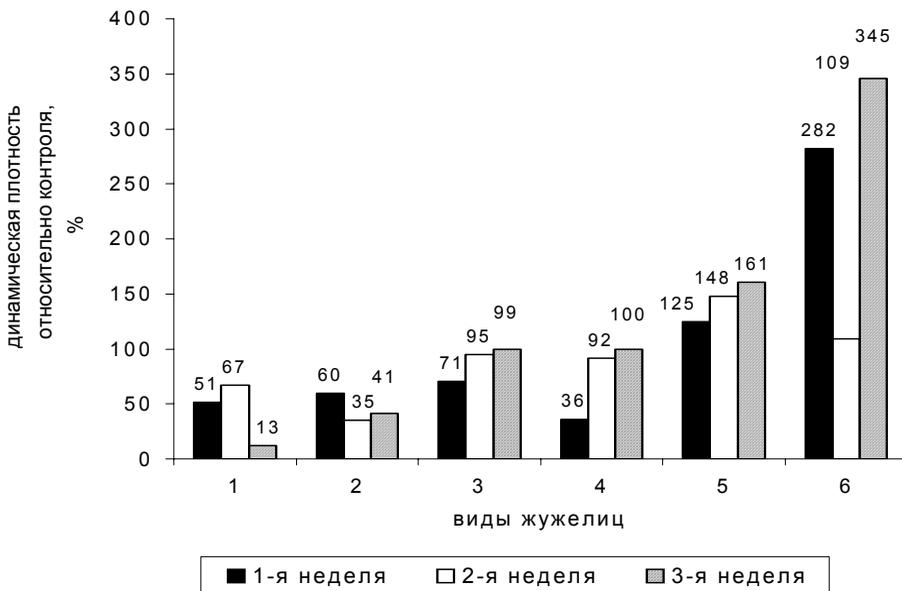


Рис. 3. Изменение плотности локальных популяций имаго жужелиц на поле яровой пшеницы в течение трех недель после обработки децисом: 1 - *P.cupreus*; 2 - *C.auropunctatum*; 3 - *H. rufipes*, *H. affinis*; 4 - *S.vivalis*; 5 - *B. lampros*, *B.properans*, *B. quadrimaculatum*; 6 - *C. fossor*

Численность локальной популяции *P. cupreus* в первую неделю после опрыскивания снизилась на 49 % по сравнению с контролем, а доля этого вида в сообществе жужелиц уменьшилась в 1,5 раза, восстановления не происходило в течение трех недель наблюдений. Численность локальной популяции *C. auropunctatum* снизилась в течение трех недель наблюдений на 65 - 40 % относительно контроля, доля в сообществе сократилась в 2,7 раза. Численность локальной популяции жужелиц р. *Harpalus* и *S. vivalis* изменялась незначительно и в течение трех недель достигла контрольного показателя. Количество мелких жужелиц р. *Bembidion* и *C. fossor*, попадающих в почвенные ловушки, на обработанном участке возрастало. Максимальное увеличение поймаемости жужелиц р. *Bembidion* (в 1,6 раза по сравнению с контролем) и *C. fossor* (3,5 раза) отмечено в течение третьей недели после обработки, доля данных видов в сообществе жужелиц увеличилась в 1,4 и 3 раза, соответственно ( $0,01 < p < 0,05$ ).

Выдвинуто предположение относительно причин неодинакового характера реакций разных видов жужелиц на обработку. Скрытый образ жизни жужелиц мелких видов: поверхностно-подстилочных форм и роющих геобионтов - позволил им избежать гибели в первые дни после обработки. Действие сублетальных доз препарата привело к изменению поведения в направлении увеличения двигательной активности и, как следствие, более частому попаданию жуков в почвенные ловушки.

Реакция стафилинид на обработку различалась в годы исследований: наблюдали как повышение, так и снижение их численности после опрыскивания по сравнению с контролем.

Численность личинок жужелиц и стафилинид под воздействием обработки изменялась незначительно (рис. 2).

Описанные эффекты приводили к сдвигу соотношения таксономических групп в сообществе хищников-герпетобионтов: снижалась доля паукообразных в течение первой недели после опрыскивания и увеличивалась – жужелиц и стафилинид.

В окрестностях г. Екатеринбург на полях яровой пшеницы нами отмечено шесть видов кокцинеллид: *Coccinella septempunctata* L. (39,0%), *C. quinquepunctata* L. (25,4%), *Adonia variegata* Goeze (10,1%), *Propylaea quatuordecimpunctata* L. (8,5%), *Anatis ocellata* L. (8,5%), *Hippodamia tredecimpunctata* L. (8,5%).

Некоторое снижение численности имаго кокцинеллид в травяном ярусе и на поверхности почвы наблюдалось в течение десяти дней после обработки. В дальнейшем количество жуков в почвенных ловушках на обработанных участках возрастало и превышало таковое в контроле. Мы объясняем это явление изменением поведения

имаго под воздействием сублетальных доз пиретроида, в результате чего жуки спускаются с обработанных растений на поверхность почвы.

Численность личинок кокцинелид была снижена в течение двух недель после опрыскивания и восстанавливалась в течение третьей недели. На обработанных участках не отмечали куколок либо наблюдали уменьшение их количества, что свидетельствует о нарушении воспроизводства локальных популяций этих хищников на обработанном участке на протяжении, как минимум, одной генерации, вследствие чего происходила трансформация возрастной структуры популяции в сторону преобладания имаго (рис.4).

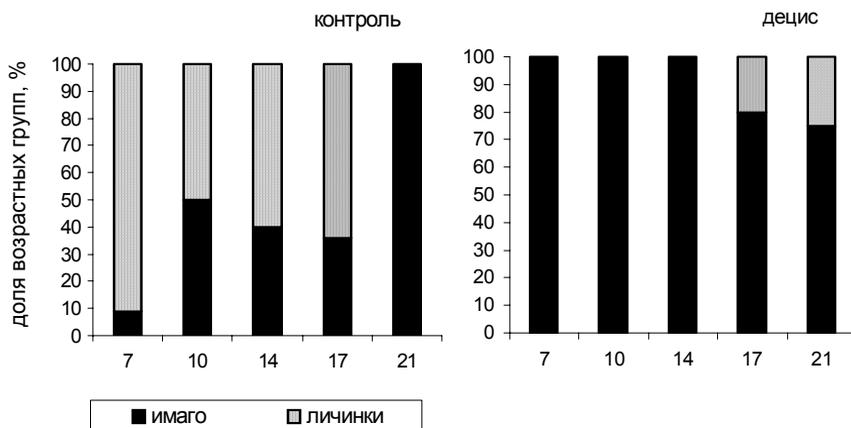


Рис. 4. Возрастная структура локальных популяций кокцинелид на поле яровой пшеницы после обработки децисом, 1998 г. Учет кошением энтомологическим сачком

Личинки сирфид появлялись на обработанном участке на неделю позже, чем в контроле. Их численность через три недели после опрыскивания была в 6,6 раза ниже контрольной. Снижение численности личинок сирфид на обработанном участке приводило к изменению возрастной структуры локальной популяции в сторону преобладания имаго.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Популяции хищных энтомофагов - естественных регуляторов численности растительноядных насекомых в агроэкосистемах, существуют в условиях, подверженных значительным изменениям, связанным с деятельностью человека. Применение пиретроидных инсектицидов в агроэкосистемах представляет собой важный экологический фактор, приводящий к разнообразным биологическим эффектам, которые проявляются у хищных членистоногих на ценотическом, популяционном, организменном и субклеточном уровнях.

В ответ на обработку изменяется таксономическая структура сообщества хищных членистоногих: снижается доля паукообразных, а доля либо жужелиц, либо стафилинид увеличивается. У жужелиц отмечается уменьшение доли крупных зоофагов и возрастание доли мелких хищников.

На популяционном уровне на обработанном участке поля снижается численность хищников, нарушается воспроизводство локальных группировок, изменяется их структура: возрастная и пространственная (вертикальное распределение особей в травостое и на поверхности почвы).

Снижение численности популяций в ответ на инсектицидные обработки в наибольшей степени выражено у хищников-хортобионтов: кокцинеллид и сирфид. У этих хищников, по крайней мере, на протяжении одной генерации на обработанном участке нарушается процесс воспроизводства. Это является одной из причин трансформации возрастной структуры локальной популяции в сторону преобладания имаго.

Наблюдаемые изменения при небольших площадях обрабатываемых участков носят кратковременный характер. Восстановление структуры сообщества и численности локальных популяций хищных членистоногих происходит за счет миграции с необработанных участков.

Химический стресс вызывает изменения в поведении особей.

На субклеточном уровне снижается активность холинэстераз, происходит перестройка комплекса ферментов детоксикации, а также повышается содержание всех фракций фосфолипидов у личинок коровки семиточечной.

На организменном уровне химический стресс приводит к гибели особей в течение, как минимум, семи суток после прекращения контакта с ядом. Отравление вызывает обратимый паралич различной степени тяжести. У самок, контактировавших с ядом, наблюдается дестабилизация физиологических процессов, связанных с размножением.

Обработки децисом имеют для хищников и разнообразные отдаленные последствия. У личинок коровки они выражаются в повышении смертности в процессе онтогенеза, увеличении длительности развития, появлении уродливых форм. Отдаленные последствия контакта имаго с децисом слабо выражены. Отмечено увеличение доли уродливых форм имаго в дочернем поколении.

Биологические эффекты на разных уровнях организации тесно связаны между собой. Так, в основе нарушения воспроизводства популяции кокциnellид на обработанных полях лежит снижение численности личинок, менее совершенные системы детоксикации которых обуславливают их повышенную чувствительность к децису по сравнению с имаго, а, следовательно, гибель во время обработки. Прекращение откладки яиц самками коровки семиточечной на обработанные растения также приводит к снижению численности личинок. В результате повышенной элиминации младших возрастных групп на обработанных участках подрывается база для нормального воспроизводства локальной группировки.

Восстановление численности может происходить в результате миграции личинок с соседних участков, а также восстановления жизнедеятельности личинок, попавших под обработку. Этому способствует перестройка системы ферментов детоксикации и увеличение количества фосфолипидов в клетках контактных личинок.

Снижение численности личинок на обработанных полях приводит к трансформации возрастной структуры популяции в сторону преобладания имагинальной фазы развития, а изменение поведения имаго под воздействием сублетальных доз дециса является одной из причин вертикального перераспределения имаго в травостое и на поверхности почвы.

Высокая чувствительность личинок второго возраста коровки семиточечной к остаточным количествам дециса, тесная корреляция между содержанием пиретроида в листьях сельскохозяйственных культур и смертностью контактирующих с ними личинок позволяет использовать последних при биоиндикации загрязнения децисом агроэкосистем и дать приблизительную оценку содержания препарата в зеленой массе растений.

## **ВЫВОДЫ**

1. В условиях химического стресса изменяется не только численность населения целевого объекта (растительноядных насекомых), но численность и структура сообщества хищных членистоногих. В сообществе хищников на обработанных децисом участках поля пшеницы снижается доля паукообразных. У жуужелиц в резуль-

тате соответствующих изменений динамической плотности уменьшается доля крупных зоофагов *Poecilus cupreus* и *Calosoma auro-punctatum* и возрастает доля мелких хищников р. *Bembidion* и *Clivina fossor*.

2. Скорость восстановления численности популяций хищников на обработанных участках зависит от их видовой принадлежности. Достоверное снижение численности пауков, личинок кокциnellид и сирфид отмечается на протяжении трех недель после обработки.
3. У попавших под обработку кокциnellид и сирфид нарушается процесс воспроизводства, что выражается в изменении возрастной структуры популяции в сторону преобладания имаго.
4. Интенсивный химический стресс (сублетальные дозы инсектицидов) вызывает сдвиги в поведении особей хищных членистоногих, что, в частности, приводит к изменению пространственной структуры популяции: вертикальному перераспределению особей в травостое и на поверхности почвы.
5. Наибольшей чувствительностью к децису обладают личиночные стадии развития семиточечной коровки (*Coccinella septempunctata* L), а среди них – личинки младших возрастов. Реакция личинок второго возраста на остаточные количества дециса в виде поражения слабой степени прослеживается на пшенице в течение 10-18, на картофеле – 18-29 дней с момента обработки (при содержании дециса в листьях пшеницы и картофеля менее 0,009 и 0,002 мкг/г зеленой массы, соответственно).
6. На субклеточном уровне токсическое воздействие дециса у личинок коровки приводит к снижению каталитической активности холинэстераз, перестройке комплекса ферментов детоксикации, выражающейся в усилении быстродвижущихся и исчезновении медленно движущихся фракций эстераз; повышению содержания всех фракций фосфолипидов.
7. Отдаленные последствия воздействия дециса на личинок проявляются в повышении смертности в процессе онтогенеза, увеличении длительности развития личинок в среднем на 1,5 – 1,9 суток, снижении изменчивости размеров самок в поколении, контактировавшем с инсектицидом на личиночных стадиях, появлении уродливых форм имаго (тератогенный эффект). Тератогенный эффект у потомства наблюдается также при воздействии дециса на имаго коровки.
8. Рекомендуется использовать коровку семиточечную в качестве модельного объекта для изучения действия пиретроидных инсектицидов на хищных членистоногих и для биоиндикации загрязнения агроценозов пиретроидными инсектицидами.

## Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Бельская Е.А. Влияние пиретроидных инсектицидов дещиса и фастака на целевые и нецелевые объекты //Охраняемые природные территории: Пробл. выявления, исследования, организации системы: Тез. докл. междунар. науч. конф. (нояб., 1994). Пермь, 1994. Ч.2. С. 99-101.
2. Бельская Е.А., Осинкина Н.Л. Токсическое воздействие пиретроидных инсектицидов на коровку семиточечную (*Coccinella septempunctata* L.) //Успехи энтомологии на Урале. Екатеринбург, 1997. С. 163.
3. Бельская Е.А., Куликова Г.С., Сиражева Е.Н. Новый тест-объект для контроля загрязнения сельскохозяйственных растений дещисом //Экологические проблемы промышленных регионов: Тез. докл. науч.-практ. семинара на междунар. выставке «Уралэкология-98» (9-10 апр. 1998 г.). Екатеринбург, 1998. С. 167-168.
4. Бельская Е.А. Воздействие химических средств защиты растений на членистоногих агроценоза пшеничного поля //Стратегические направления экологических исследований на Урале и экологическая политика: Тез. докл. Екатеринбург, 1999. С. 50-51.
5. Бельская Е.А. Подбор насекомых – индикаторов загрязнения агроценозов пиретроидными инсектицидами //Тр. УралНИИСХ: Селекция, семеноводство и технологии выращивания основных сельскохозяйственных культур на Среднем Урале. 2000. Т. 59. С. 362—364.
6. Бельская Е.А. Популяционные эффекты токсического воздействия дещиса на хищников-герпетобионтов агроценоза яровой пшеницы // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга: Тез. докл. XI Междунар. симпозиума по биоиндикаторам (сент., 2001). Сыктывкар, 2001. С. 17.
7. Бельская Е.А., Зиновьев Е.В., Козырев М.А. Жужелицы в агроценозе яровой пшеницы на юге Свердловской области и влияние некоторых средств химизации на их популяции //Экология. 2002. №1. С. 45-52.