

## РЕЗИСТЕНТНОСТЬ К ИНСЕКТОАКАРИЦИДАМ ВРЕДИТЕЛЕЙ ЗАПАСОВ

С.А. Рославцева, профессор, ФГУН Научно-исследовательский институт дезинфектологии  
Роспотребнадзора, г. Москва,

Диденко Л.Н., Одесский национальный университет им. И. Мечникова, г. Одесса

**Проанализирована и обобщена зарубежная и отечественная литература, посвященная вопросу формирования популяций вредителей запасов к инсектоакарицидам из разных классов химических веществ, освещены материалы по методам выявления резистентности и ее механизмам.**

Среди вредных членистоногих вредители запасов занимают особое место. В результате их деятельности уничтожаются продукты земледелия и животноводства. Так, потери зерна при хранении составляют в среднем 10% от собранного урожая, а в тропических странах они достигают 35–50% (1).

Инсектоакарициды относятся к числу наиболее эффективных средств борьбы с вредителями запасов. Низкая эффективность или даже неэффективность применяемых инсектоакарицидов за счет развития резистентных популяций членистоногих, повреждающих запасы при хранении, выявилась значительно позднее, чем, например, резистентность у растительноядных клещей.

Первые сведения о формировании резистентных популяций вредителей запасов относятся к 1939 г., когда Д. Гоф (2) в результате отбора в лабораторных условиях в течение нескольких поколений парами синильной кислоты получил устойчивую расу малого мучного хрущака *Tribolium confusum*.

Далее в 1953 г. Р. Е. Блекит (3) подвергал селекцию пиретринами амбарных долгоносиков *Sitophilus granaries*, и через 10 поколений устойчивость расы повысилась в 3,5 раза. Лабораторная селекция метилбромидом двух канадских рас амбарных долгоносиков в течение 14 поколений привела лишь к слабой толерантности – 2х (4). Вместе с тем, лабораторная селекция ДДТ малого мучного хрущака в течение 10 поколений увеличила СК<sub>50</sub> этого инсектицида для селективируемой расы в 5 раз (4). В Польше проводилась лабораторная селекция рисового долгоносика и булавоусого малого мучного хрущака метасистокоом, азтоксом (препарат на основе ДДТ) и пиретринами. За 20 селекций

устойчивость расы долгоносиков к метасистоку возросла в 20 раз. Устойчивость к пиретринам столь быстро не развивалась (5).

Лабораторная селекция рисовых долгоносиков малатионом, проведенная в НИИ сельского хозяйства в Индии в течение 10 поколений, привела к увеличению устойчивости в 35 раз по сравнению с чувствительностью исходной популяции (6). Позднее эти же авторы (7) опубликовали данные о спектре перекрестной резистентности рисового долгоносика к различным инсектицидам. Низкий уровень кросс – резистентности найден к пиретроидам и производным диенового синтеза. Наибольшая резистентность была найдена к этил- и метилпаратиону (33х и 20х, соответственно), а также диазинону (17,7х), фенитропиону (39х), МВФ (8,6х), иодофенфосу (8,8х), ДДТ (4,5х) и карбарилу (5,3х).

В середине 70-х годов XX столетия в лабораторных условиях была показана возможность формирования резистентности у булавоусого мучного хрущака к пяти синтетическим аналогам ювенильного гормона (8). Однако Т.Г. Амос et al. (9) у резистентных к малатиону рас малого и булавоусого мучных хрущачков не обнаружили кросс – резистентности к метопрену или гидропрену, при высокой резистентности к ДДТ, линдану, МВФ, диазинону, другим фосфорорганическим инсектицидам, а также пиретрину и биоресметрину.

В США в Университете штата Мичиган проведена селекция популяции малого мучного хрущака аналогами ювенильного гормона и ингибитором синтеза хитина дифторбензуоном (димилином). Обработка гидропреном в течение 11 поколений вызвала толерантность, равную 7х. Обработка димилином вызвала лишь слабую то-

лерантность у селективируемой расы (10).

Таким образом, резистентность может развиваться и к препаратам гормонального типа действия.

Первое сообщение о нахождении толерантных природных популяций малого мучного хрущака *T. confusum* и рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* появилось в 1957 г. В Англии были найдены популяции малого мучного хрущака, толерантные (4х) к гексахлорциклогексану (ГХЦГ) и пиретринам, и амбарного долгоносика, устойчивые к пиретринам в 5 раз (11).

Первый случай возникновения популяции булавоусого мучного хрущака *Tribolium castaneum*, резистентной к малатиону, был зафиксирован в Нигерии в 1961 г. (12). Сведения о развитии резистентности природных популяций вредителей запасов к фосфорорганическим инсектицидам поступили из Австралии. Так, в 1966 г. была установлена резистентность к малатиону у булавоусого мучного хрущака (13).

О появлении резистентных популяций этого вредителя к фосфорорганическим инсектицидам во многих странах было сообщено в конце 70-х годах XX века (8).

В последующие годы в литературе начали появляться сообщения о развитии резистентности у вредителей запасов к различным классам инсектицидов (хлорорганическим и фосфорорганическим) в разных странах. Так, в Таиланде были найдены популяции рисового долгоносика, резистентные к ДДТ (14). В Малави (15) на складах зерна и арахиса, где регулярная обработка инсектицидами проводилась в течение более 20 лет, 17 изученных популяций этого вредителя были устойчивы к линдану и малатиону. Кроме того, была найдена кросс – резистентность

к бромфосу и смеси малатиона с трифенилфосфатом, однако перекрестная резистентность к пиримифос-метилу отсутствовала.

На складах Кении резистентность была найдена у популяций кукурузного долгоносика *Sitophilus zeamais* к линдану (10-50х), уровень которой колебался в зависимости от интенсивности обработок (16).

Несколько позднее на одной из мельниц в Канаде была обнаружена популяция булавоусого мучного хрущака, толерантная к фумиганту дибромэтану (2х). До этого дибромэтан в смеси с метилбромидом применяли в течение не менее 6 лет, а ранее дибромэтан использовали на протяжении нескольких лет в комбинации с дихлорэтаном, этаном и четыреххлористым углеродом. К линдану эта популяция была чувствительна (17).

Устойчивость булавоусого мучного хрущака к малатиону (53,7х) была зарегистрирована в Индии (18). Также была изучена кросс – резистентность этой популяции, к другим восьми фосфорорганическим инсектицидам. К этим инсектицидам жуки были чувствительны или слабо толерантны (2-2,5х). Не была найдена кросс – резистентность к ДДТ, линдану и карбарилу. Перекрестная толерантность была найдена к пиретринам (19).

В США (штаты Техас и Луизиана) в 1973 г. были выявлены популяции булавоусого и малого мучного хрущаков, резистентные к малатиону (3-38х) (20).

К 1974 г. проблема резистентности вредителей запасов была столь остра, что появились первые обзоры литературы, посвященные ей (21, 22). По данным С.Е. Dyte (23), в начале 70-х годов XX века резистентность к инсектоакарицидам была зарегистрирована у одного вида клещей, 5 видов чешуекрылых и 11 видов жесткокрылых. При этом 11 видов членистоногих имели популяции, резистентные к линдану, 10 видов – к малатиону, 6 – к дилдрину, 5 – к пиретринам, 3 – к инсектицидам диенового синтеза, 4 – к производным карбаминовой кислоты и 4 – к ДДТ.

Резистентность к линдану у популяций булавоусого мучного хрущака была найдена не менее чем в 71 стране, суринамского мукоеда *Oryzophilus surinamensis*, зернового точильщика *Rhyssopertha dominica*, рисового долгоносика и кукурузного долгоносика

*S. zeamais* в более чем в 30 странах. Популяции *T. castaneum*, резистентные к малатиону, зарегистрированы в 70 странах, популяции *T. confusum* и *Rh. dominica* – в 25 странах. Уровни резистентности популяций рисового долгоносика к дилдрину и линдану достигли 600 и 240 раз, а южной амбарной огневки *Plodia interpunctella* к малатиону – 800 раз.

Популяции жуков рода *Tribolium*, резистентные к малатиону, были перекрестно-резистентны к фентиону, тетрахлорвинфосу, диазиному, дикротофосу и др. (23).

Наличие перекрестной резистентности или толерантности у популяций рисового долгоносика, резистентной к малатиону (9х), зернового точильщика, резистентной к малатиону (6х), и булавоусого мучного хрущака, резистентной к малатиону (39х), к хлорпирифос-метилу, пиримифосметилу, биоресметрину (4,3х), тетраметрину (1-6,8х) и биоаллетрину (3,7-6,7х), установили М. Bengston с соав. (24). Вместе с тем S.W. Carter с соавт. (25) показали, что пиретроиды, в частности смесь биоресметрина с пиперонилбутоксидом, более активна, чем малатион как для чувствительной, так и для резистентной к нему популяций булавоусого мучного хрущака и рисового долгоносика. Эта смесь рекомендована для обработки зерна.

Таким образом, количество видов насекомых и клещей – вредителей запасов, имеющих резистентные популяции, непрерывно увеличивается (22). По данным Р. Е. Prevett (1), в 1975 г. из более 90 обследованных стран в 87 отмечена у вредителей запасов повышенная устойчивость к линдану, а в 78 – к малатиону. Так, в Австралии экономически важными видами членистоногих являются 10 вредителей запасов, популяции которых стали резистентными к малатиону (26). Популяции южной амбарной огневки в Новом Южном Уэльсе имели уровни резистентности к линдану, равные – 24-260х, малатиону – 24-260х, к ДДТ – 42х, эндрину – 68-74х, дилдрину – 56х, ДДВФ – 3,6х, мевинфосу – 1,5х, монокротсфосу – 1,4х, паратиону – 0,9-1,3х, метилпаратиону – 1,9-2,9х, хлорпирифосу – 1,7-1,9х, диазиному – 7-9,7х, пиримифосметилу – 2,2-4,8х, фенилтротиону – 7,2-8,6х, перметрину – 0,8-0,9х (27).

Популяции южной амбарной *P. interpunctella* и мельничной *Ephesia*

*kuhniella* огневок и *E. cautella* были резистентны к фенилтротиону и малатиону (28).

Описаны случаи резистентности не только к метилбромиду, но и фосфину (1). Так, популяции зернового точильщика *Rh. dominica*, резистентные к фосфину, обнаружены в Индии, ОАР, Сирии, Гвинеи, Ливии, Аргентине, Греции (29, 30). Наличие резистентных популяций этого вредителя к фосфину в 90-х годах XX века было подтверждено в Азии и Австралии (31, 32), а также в Индии. Уровни резистентности популяций зернового точильщика устанавливали по имагинальной стадии. В экспериментах индийских исследователей (33) было показано, что у резистентной популяции *Rh. dominica* устойчивыми к действию фосфина оказались и яйца. Так, СД<sub>99</sub> фосфина для яиц чувствительной расы и резистентной популяции составляли соответственно 0,56 и 3,25 г/л зерновой массы.

По данным В. А. Champ, С. J. Dyte (8), при обследовании популяций вредителей запасов из разных стран на резистентность установлено, что популяции рисового долгоносика и амбарного долгоносика, кукурузного долгоносика, зернового точильщика, малого мучного и булавоусого хрущаков, суринамского мукоеда, резистентные к линдану, малатиону, фосфину и метилбромиду, выявлены в 96, 92, 41 и 25% обследованных стран. При этом количество популяций, резистентных к этим же инсектицидам, составляет соответственно 72, 39, 10 и 5% из обследованных. Обычным является резистентность к малатиону и линдану. Из 500 обследованных популяций 489 были резистентны к этим инсектицидам.

Однако в Австралии в 80-х годах XX века резистентности к фосфину не было найдено у популяций рисового и амбарных долгоносиков и малого мучного хрущака (34). В Индии большинство обследованных популяций рисового долгоносика и малого мучного хрущака были толерантны к малатиону (35). В Швейцарии выявлены популяции малого и булавоусого мучных хрущаков, резистентные к линдану и малатиону, а также ДДВФ (36). Вместе с тем, обследованиями, проведенными в Венгрии, не найдены популяции хрущаков и долгоносиков, устойчивых к малатиону (37). У популяций булавоусого мучного хру-

щак, резистентных к фосфорорганическим инсектицидам, выявлена кросс – резистентность к пиретринам и восьми синтетическим пиретроидам (38).

Лондонским институтом тропических продуктов были обследованы популяции зерновок из разных стран на устойчивость к линдану. устойчивыми были популяции зерновки бразильской *Zabrotes subfasciatus* из Колумбии и Мексики, пятнистой зерновки *Callosobruchus mfculatus* из Сенегала и Малави и китайской зерновки *S. chinensis* из Индии (39).

В Мексике в середине 90-х годов XX века топикальным методом определили чувствительность к ДДТ, линдану, малатиону, пиримифос-метилу, дельтаметрину и перметрину 11 популяций кукурузного долгоносика *S. zeamais* из 9 штатов. Показатели резистентности к ДДТ колебались в пределах 1,3-14,1, линдану – 4,7-20,9, малатиону – 1,6-31,4. Более низкий уровень резистентности всех популяций установили к пиримифос-метилу (3,0-3,7). Популяции были слабо толерантны к дельтаметрину и перметрину (40).

В Индии установлена устойчивость у личинок капрового жука *Trogoderma granarium* к фосфину; личинки 1-го возраста были в 40 раз более устойчивы, последнего – в 18 раз (41). Я. Мордкович с соавт. (42) сообщили об устойчивости личинок капрового жука к метилбромиду и препарату 8020. Исследования, посвященные изучению резистентности этого вредителя, показали, что капровый жук сформировал популяции, резистентные к малатиону и фосфину. Для борьбы с ними были рекомендованы децис, амбуш, сумицидин, волатон и пиримифос-метил (43).

В Австралии серьезными вредителями зерновых запасов при хранении являются сеноеды *Psocoptera*, особенно *Liposcelis entomophila*, *L. bostrychophila*, *L. decolor*. Для борьбы с этими вредителями применяется фумигация фосфином. В начале XXI века зарегистрирована резистентность сеноедов к фосфину (44, 45). Для преодоления резистентности к фосфину рекомендовано применение комбинации спиносада с хлорпиримифос-метилом. Эта смесь была эффективна в течение трех месяцев (46).

В Советском Союзе до начала 80-х годов прошлого века резистентность вредителей запасов к инсектицидам не была установлена, однако появились первые сообщения (47, 48) о том, что на элеваторах и складах Одесской области и юга Молдавии обнаружены популяции амбарного долгоносика, резистентные к хлорофосу (60х). Кросс – резистентность к пиримифос-метилу отсутствовала, и тот инсектицид был рекомендован в борьбе с устойчивыми популяциями. Такие же рекомендации для борьбы с амбарным долгоносиком и малым мучным хрущиком, но резистентным к малатиону, дали R. Davies и J. Desmarchelier (49). Однако пиримифос-метил был неактивен против резистентных популяций малого зернового точильщика. По мнению G.W. Mensah и F.L. Watters (50), пиримифос-метил также эффективен в борьбе с булавоусыми мучными хрущиками, резистентными к малатиону. Д. О. Андреев (51) установил, что популяции короткоусого мукоеда, рисового долгоносика и булавоусого мучного хрущак из элеватора в г. Одессы и рисового долгоносика из г. Бельцы (Молдавия) толерантны или слабоустойчивы к карбофосу. Показатель резистентности составлял 4–10.

Новой группой инсектицидов для борьбы с вредителями запасов являются спиносины – продукты жизнедеятельности почвенных микроорганизмов *Sacharopolyspora spinosa* (52, 53). В XXI веке препараты на основе спинопсинов (спиносад) применяются на более чем на 100 культурах в 24 странах мира (54), в том числе и для борьбы с вредителями запасов (55). Необходимым условием для широкого применения этих инсектицидов является установление потенциальной опасности новых препаратов в отношении развития к ним резистентности. Проведено сравнение чувствительности полевых популяций *Rh. dominica*, *P. interpunctella*, *T. castaneum* и *Cryptolestes ferrugineus* с ферм северо-востока Канзаса (США) к спиносаду с таковой чувствительных рас. Популяции южной амбарной огневки и *S. ferrugineus* были в 1,7–2,5 раз, популяции *T. castaneum* – в 2,0–7,5 раз менее чувствительны, чем лабораторные расы. Жуки *Rh. dominica* полевых и популяций и лабораторной расы не отличались по чувствительности к спиносаду. Полученные величи-

ны являются основой проведения мониторинга устойчивости к спиносидам (56).

Для характеристики особенностей резистентных популяций проводили изучение биологических параметров популяций. В конце 70-х годов XX века исследователи сообщили, что у резистентных популяций *T. castaneum* понижены показатели жизнеспособности (биологические параметры). У расы рисового долгоносика, резистентной к малатиону, установлено снижение яйцепродукции на 16% и увеличение периода развития генерации (57). Однако позднее было показано, что у резистентных популяций жизнеспособность выше, чем у чувствительных (58). Кроме того, было установлено, что чем выше плотность заселения насекомыми зерна, тем больше скорость формирования резистентных популяций при инсектицидных обработках. Так, потребовалось 33 генерации для того, чтобы уровень резистентности к малатиону достиг 10 при плотности заселения 4 имаго/г зерна и всего 17 поколений при зараженности 12 имаго/г зерна (59).

Исследования механизма резистентности вредителей запасов немногочисленны. Так, исследования метаболизма аналога ювенильного гормона ИГ-1 в организме амбарных долгоносиков показали, что в метаболитах этого вещества у чувствительных и резистентных к пиретрину имаго амбарных долгоносиков имеется различие. Основным метаболитом у чувствительных жуков была I-карбокси-кислота, а у устойчивых – диол-кислота. Предварительная обработка насекомых синергистами пиперонилбутосидом (ППБ) или СКФ-525 А задерживали разложение АЮГ-1, особенно сильно уменьшалось образование диол-кислоты у устойчивых жуков. Триортокрезилфосфат – ингибитор эстераз при добавлении к АЮГ-1 слабо влиял на метаболизм последнего в обеих расах долгоносиков. Пиперонилбутосид задерживал проникновение топикально нанесенного АЮГ-1 в организм жуков (60).

Кроме упомянутого выше, имеется исследование (19), в котором устанавливается тип резистентности к малатиону. В лабораторных условиях дику популяцию булавоусого мучного хрущак селективировали в течение 6 поколений малатионом. Затем

определяли токсичность малатиона одного и в смеси с синергистом трифенилфосфатом (1:5) для жуков исходной и селектированной рас. СК-50 малатиона составляла 0,09% и 4,8%, соответственно, смеси – 0,39% и 0,22%. Авторы считают на основании этих данных, что резистентность к малатиону является специфической и связана с более высокой активностью эстераз. Поэтому для борьбы с вредителями этой популяции в ротации можно применять фосфорорганические пестициды.

Роль эстеразных механизмов резистентности была исследована (61) у южной амбарной огневки *P. interpunctella*, резистентной к малатиону, методом электрофореза. Было получено у обеих рас по 14 полос, но общими были только 12. По субстрату а-нафтилацетату у резистентных гусениц было найдено большое количество изоформ эстераз, 13 и 9 соответственно. Активность карбоксилэстераз при использовании в качестве субстрата метилбутирата была у резистентной расы в два раза ниже, чем у чувствительной; активность холинэстеразы и бутирилхолинэстеразы найдена одинаковой.

Метаболизм метилбромидом исследован (62) у чувствительной и устойчивой к нему популяций. Метилбромид метаболизировался, главным образом, путем связывания его с глутатионом. Основными метаболитами были в обеих расах S-метил-глутатион и S – метилцистеин, а у устойчивых жуков был также найден S-метил-глутатион сульфоксид. У устойчивых жуков было в 2 раза выше активность глутатион-S-трансферазы.

Всемирная организация по продовольствию и сельскому хозяйству (ФАО) разработала и опубликовала стандартные методы определения уровня резистентности для 14 видов вредителей запасов к контактным инсектицидам и фумигантам (FAO Method, 1975) (63).

В СССР в 1986 г. были опубликованы данные по величинам СК-50 и СК-95 некоторых фосфорорганических (пиримифос-метил, диазинон, ДДВФ, валексон, карбофос, фентион, хостаквик и др.) и пиретроидных (перметрин, дельтаметрин, циперметрин, фенфалерат) инсектоакарицидов для чувствительных рас наиболее важных вредителей, в том числе и амбарных: мельничной огневки,

амбарного и рисового долгоносиков, булавоусого и темного *Tribolium tanens* мучных хрущаков и суринамского мукоеда *Oryzophilus surinamensis* (64).

В нашей стране в 2004 г. были изданы Методические указания „Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих“, в которых описаны методы определения резистентности к диазинону, малатиону, пиримифос-метилу, дельтаметрину, перметрину, циперметрину, лямбда-цигалотрину и фенвалерату рисового и амбарного долгоносиков, булавоусого и малого мучных хрущаков, суринамского и короткоусого мукоедов (65). Методы хорошо воспроизводятся и пригодны для использования в России.

Таким образом, вопрос формирования резистентных популяций вредителей запасов остается актуальным и требует проведения мониторинга уровня чувствительности к инсектоакарицидам, применяемым в настоящее время.

#### Литература

1. **Prevett P.F.** Stored product pest causing losses of stored food// FAO Plant Protect. Bull. 1975. V. 23. № 3-4. P. 115-117
2. **Кузйл Д.** Повышение устойчивости насекомых к инсектицидам/ Химический метод борьбы с вредными насекомыми и клещами. М. ИИЛ. 1956. С. 19-25
3. **Блекит Р.Е.** Цитировано по Браун А. Распространение устойчивости к инсектицидам среди вредных насекомых/ Успехи в области борьбы с вредителями растений. М. ИИЛ. 1960. С. 577-654
4. **Браун А.** Распространение устойчивости к инсектицидам среди вредных насекомых/ Успехи в области борьбы с вредителями растений. М. ИИЛ. 1960. С. 577-654
5. **Cichy D.** The role of some ecological factors in the development of pesticide resistance *Sitophilus oryzae* L. and *Tribolium castaneum* Herbst.// Ecol. Pol. 1971. V. 19. № 36. P. 563-616
6. **Basonde P.C., Bhatia S.K.** Selection for resistance to malathion in the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.)// Bull. Grain Technol. 1976. V. 14. № 2. P. 118-123
7. **Basonde P.C., Bhatia S.K.** Cross-resistance spectrum of laboratory selected malathion resistant strain of *Sitophilus oryzae* (L.)// Bull. Grain Technol. 1978. V. 16. № 2. P. 114-117
8. **Champ B.A., Dyte C.I.** FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pest.// FAO Plant Protect. Bull. 1977. V. 25. № 2. P. 49-67
9. **Amos T.G., Williams F., Semple R. L.** Susceptibility of malathion-resistant strains of *Tribolium castaneum* and *T. confusum* to the insect growth regulator methoprene and hydroprene// Entomol. Exp. App. 1977. V. 22. № 3. P. 289-293
10. **Brown T.** Induction of resistance to insect growth regulators// J. Econ. Entomol. 1978. V. 71. № 2. P. 223-229
11. **Holborn J.M.** Цитировано по Браун А. Распространение устойчивости к инсектицидам среди вредных насекомых/ Успехи в области борьбы с вредителями растений М. ИИЛ. 1960. С. 604
12. **Parkin E.A., Scott E.I.C., Foster R.** Increased resistance of stored-product insects to insecticides/The resistance of field strain of beetle *Tribolium castaneum* // Pest Infestation Research. 1961. 1962. P. 34-35.
13. **Campbella-Brown V.I.** Australian *Tribolium castaneum* Herbst. 1. Test method for detecting insecticide resistance// J. Stored Prod. Res. 1970. V. 6. № 3. P. 53-70
14. **Santhoy O., Morallo-Rejesus B.** Toxicity of six organophosphorus insecticides to field-collected DDT-resistant strains of rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L) and red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst)// Philipp. Entomol. 1972. V. 2. № 4. P. 283-290
15. **Diesterse A.N., Schultner G.G., Kuyken W. A.** A study on insecticide resistance in *Tribolium castaneum* in Malawi (Central Africa)// J. Stored Prod. Res. 1972. V. 8. № 3. P. 183-191
16. **Lima C.P.P.** Lindane resistance in the field strains of *Sitophilus zeamais* in Kenya.// J. Stored Prod. Res. 1972. V. 8. № 3. P. 167-175
17. **Bond E.I.** Insecticide tolerance to ethylene dibromide in a field population of *Tribolium castaneum* Herbst // J. Stored. Prod. Res. 1973. V. 9. P. 61-63
18. **Pasalu I.C., Bhatia S.K.** Laboratory evaluation and susceptible strains of *Tribolium castaneum* Herbst // Bull. Grain Technology. 1974. V. 12. № 3. P. 175-179
19. **Pasalu I.C., Bhatia S.K.** Specific nature of malathion resistance in *Tribolium castaneum* Herbst in India // Bull. Grain Technology. 1974. V. 12. № 3. P. 229-231
20. **Zettler T.L.** Malathion – resistance in strains of *Tribolium castaneum* (Herbst), collected in rice in the USA // J. Stored Prod. Res. 1975. V. 2. P. 115-117
21. **Pasalu I.C., Girish G.K., Krishnamurthy K.** Status of insecticide resistance in insect pest of stored products// Bull. Grain Technol. 1974. V. 12. № 4. P. 50-59
22. **Anonymus.** Protection stored grain chemicals still needed.//Rural. Res. 1976. № 91. P. 15-20
23. **Dyte C.E.** Problems arising from insecticide resistance in storage pest // Bull. OEPP. 1974. V. 4. № 3. P. 275-289
24. **Bengston M., Cooper Lynne M., Grant-Taylor F. J.** A comparison of bioresmethrin, chlorpyrifos-methyl and pirpmyphos-methyl as grain protectants against malathion resistant insects in wheat// Queensl. J. Agr. and Anim. Sci. 1975. V. 32. № 1. P. 51-78
25. **Carter S.W., Chadvick P.R., Wickham T.C.** Comparative observation on the activity of pyrethroids against some susceptible and resistant stored products

beetles// J. Stored. Prod. Res. 1975. V. 11. № 3-4. P. 135-142

**26. Kerr R.W.** Resistance to control chemicals in Australian arthropod pest// J. Austral. Entomol. Soc. 1977. V. 16. № 3. P. 327-334

**27. Attia F.I.** Insecticide resistance in *Plodia interpunctella* (Hubner). in New South Wales, Australia.// J. Austral. Entomol. Soc. 1977. V. 16. № 2. P. 149-152

**28. Attia F.I., Ship E., Shanahan G. J.** Survey of insecticide resistance in *Plodia interpunctella* (Hubner), *Ephesia cautella* (Walker) and *E. kuhniella* (Zettler) in New South Wales, Australia.// J. Austral. Entomol. Soc. 1979. V. 18. № 1. P. 67-70

**29. Bell C. H., Hole B. D., Evans P. H.** The occurrence of resistance to phosphin adult and eggs stages of strain of *Rhyssopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae)// J. Stored. Prod. Res. 1977. V. 13. P. 91-94

**30. Bhatia S.K.** Measures against the development of resistance to insecticides in insects infesting stored products// Bull. Grain Technol. 1978. V. 16. № 2. P. 114-117

**31. Zettler T.L.** Phosphine resistance in stored-product insects// Proc. Conf. Controlled Atmos. Fumig. Gran Storages. Jerusalem, Israel. 1993. P. 449-460

**32. Dagish G.J., Benston M. L.** Phosphine resistance in Asia. In Stored Grain in Australia, /rd. by Banks H.J., Wright E.J., Damcevski K.A., CSIRO Stored Grain Research Laboratory. Australia. 1998. P. 58-60

**33. Rajendran S., Nayar K.R., Anjum S.S.** The action of phosphine against the eggs of resistant and susceptible strains of *Rhyssopertha dominica* F. // Pest Magnag. Sci. 2001. V. 57. P. 422-426

**34. Kashi D.** Dose – mortality responses of five species of stored-product insects to phosphine// Intern. Pest Control. 1982. V. 24. № 2 P. 46-49

**35. Pandey G.** Difference in resistance to malathion in *Sitophilus oryzae* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst) occurring in different regions in India// Indian J. Agr. Sci. 1979. V. 19. № 10. P. 810-812

**36. Hoppe T.** Vorratsschadlinge in der Schweiz: Vorkommen und Resistenz.// Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 1982. V. 54. № S. S. 3-13

**37. Keyder S.** Marmara bölgesinde tahil bitleri (*Sitophilus granaries* L., *S. oryzae* L.) ve kirma bitleri (*Nbrolium confusum* Duv., *T. castaneum* Herbst.) nin malathion a karai direncleri uzerinde calismalar// Bitki Koruma Bull. 1979. V. 19. № 2. P. 96-102

**38. Lloyd I.C., Ruckzkowski C. T.** The cross-resistance to pyrethroids and eight synthetic pyrethroids of an organophosphorus-resistant strain of the rust-red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst// Pest Sci. 1980. V. 11. № 3. P. 331-340

**39. Tylor P., Evans N.** A tentative method for detecting resistance to gamma-HCH in three bruchid beetles// J. Stored Prod. Res. 1981. V. 17. №. 3. P. 131- 135

**40. Perez-Mendoza J.** Survey of insecticide resistance in Mexican populations of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)// J. Stored Prod. Res. 1999. V. 35. P.107-115

**41. Borah D., Chahal B.** Development of resistance in *Trogoderma granarium* Everts to phosphine in the Punjab// FAO Plant Protect. Dull. 1979. V. 2. № 3. P. 77-80

**42. Мордкович Я., Нестеров В., Листов М.** Устойчивость складских вредителей к фумигантам/ Обеззараживание продукции от карантинных и других опасных вредителей. М. 1982. С. 51-57

**43. Чекменев С.Ю., Кузина Н.М.** Химическая борьба с капровым жуком/ Защита растений. 1990. № 3. С. 40

**44. Nayvak M.K., Collins P.J., Pavic H.** Phosphine resistance in psocids: challenges ahead. Proc. of the Second Australian Post-harvest Technical Conf. 2002. Adelaide. Stored Grain Res. Labor., CSIRO Entomol. P. 113-116

**45. Nayvak M.K., Collins P.J.** Chemical strategies to control *Psocid* pest in Australian stored grain// Intern. Pest Control. 2004. May/ June. P. 136-140

**46. Nayvak M.K., Manoj K., Gregory J.** Combination treatments of spinosad and chlorpyrifos-methyl for management of resistant psocid pest (*Psocoptera: Liposcelididae*) of stored grain// Pest Management Sci. 2007. V. 63. № 1. P. 104-109

**47. Диденко Л.Н.** Появление резистентных к инсектицидам популяций амбарного долгоносика// Состояние и перспективы развития научных исследований по предотвращению резистентности. Л. ВАСХНИЛ. 1980. С. 120-122

**48. Диденко Л.Н., Левченко Е.А., Рославцева С.А.** Появление резистентной к хлорофосу популяции амбарного долгоносика// Химия в сельском хозяйстве. 1980. № 2. С.29-30

**49. Davied R., Desmarchelier J.** Combinations of pirimiphos-methyl and carbaryl for stored grain protection// Pest. Sci. 1981. V. 12. № 6. P. 669-677

**50. Mensah G.W.K., Watters F.L.** Comparison of four organophosphorus insecticides on stored wheat for control of susceptible and malathion-resistant strains of the red flour beetle// J. Econ. Entomol. 1979. V. 72. № 3 P. 456-461

**51. Андреев Д.О.** Развитие резистентности к карбофосу вредителей запасов зерна// Защита растений. 1991. № 4. С.24

**52. Mertz P.P., Yao R.C.** *Saccharopolypora spinosa* sp. nov. isolated from soil collected in a sugar rum still// Ins. J. Sust. Bacteriol. 1990. V. 40. P. 34 – 39

**53. Fang L., Subramanyam Bh., Arthur F.H.** Effectiveness of spinosad on flour classes of wheat against five stored-product insects// J. Econ. Entomol. 2002. V. 95. P. 640-650

**54. Flinn P.W., Subramanyam Bh., Arthur F.H.** Comparison of aeration and spinosad for suppressing insects in stored wheat// J. Econ. Entomol. 2002. V. 97. P. 1465-1473

**55. Toews M.D., Subramanyam Bh., Rowan J.** Knockdown and mortality of eight in stored-product beetles exposed to four surfaces treated with spinosad// J. Econ. Entomol. 2003. V. 96. P. 1967-1973

**56. Huang F., Subramanyam B., Toews M.D** Susceptibility of laboratory and field strains of four stored-product insect species to spinosad// J. Econ. Entomol. 2004. V. 97. № 6. P. 2154-2159

**57. Tewari G.C., Pandey N.D.** Some biological comparisons of insecticide resistant and susceptible strains of rice weevil *Sitophilus oryzae* L., Bull. Grain Technol.// 1977. V. 15. № 1. P. 3-8

**58. Arnaud L., Brostaux Y., Assie L.K., Caspar C.** Increased fecundity of malathion-specific resistant beetles in absence of insecticide pressure// Heredity. 2002. V. 89. P.425-429

**59. Assie L.R., Francis F., Gengler N., Haubruge E.** Response and genetic analysis of malathion-specific resistant *Tribolium castaneum* (Herbst) in relation to population density// J. Stored prod. Res. 2007. V. 43. P. 33-44

**60. Edwards J.P., Rowlands D.G.** Metabolism of a synthetic juvenile hormone (JH-1) in two strains of the grain weevil, *Sitophilus granaries*// Insect Biochem./ 1978. V. 8. № 1. P. 23- 28

**61. Zettler T.L.** Esterase in malathion – susceptible and malathion – resistant strains of *Plodia interpunctella* // J. USA Entomol. Res. 1974. V. 9. № 4. P. 207-213

**62. Starrett A., Bond E.** Metabolism of methyl bromide by susceptible and resistant strains of the granary weevil *Sitophilus granaries* L.// Pest. Bioch. Physiol. 1981. V. 15. № 3. P. 275-287

**63. FAO.** Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pest to pesticides/ Tentative method for adults of some major pest species of stored cereals, with bromide and phosphine. FAO method № 16. //FAO Plant Protect Bull. 1975. V. 25. P. 12-25

**64. Диденко Л.Н., Яковлева И.Н.** Вредители запасов, хранящегося зерна, отряд жесткокрылых/ Природная чувствительность членистоногих к пестицидам. Методические рекомендации для энтомологических исследований. ВАСХНИЛ. ВИЗР. Л. 1986. С. 57-61

**65. Яковлева И.Н., Андреев О.Д.** Складские долгоносики. Мучные хрущачи. Мукоеды.// Методические указания „Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих”, РАСХНИЛ. ВИЗР. С-Петербург. 2004. С. 88-94

#### Store pests resistance to insectoacaricides

S.A Roslavitseva, L.N.Didenko

The survey of the problem of the resistance in insect pest of stored products to insectoacaricides from different classes of chemical compounds, of methods for the determination of the resistance level in field populations and resistant mechanism.