

УДК 595.762.12:591.5 (477.63)

А.М. Сумароков¹, А.В. Жуков²**ПОКАЗАТЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БИОТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА
АГРОЭКОСИСТЕМ ПРИ УМЕНЬШЕНИИ ПЕСТИЦИДНЫХ НАГРУЗОК**¹Институт зернового хозяйства НААНУ

Украина, Днепропетровск, ул. Дзержинского, 29

e-mail: col@sin.net.ua²Днепропетровский государственный аграрный университет,

49600, г. Днепропетровск, ул. Ворошилова, 25

e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

Работа посвящена оценке реакции имаго герпетобийных жесткокрылых (Coleoptera) на уменьшение пестицидной нагрузки в агроэкосистемах степной зоны Украины. В качестве тестовых исследовались посевы *Triticum vulgare* Host., *Hordeum sativum* L., *Pisum sativum* L., *Zea mays* L., *Helianthus annuus* L. и *Medicago sativa* L., входящие в полевые севообороты. Основные многолетние стационарные наблюдения проведены на Синельниковской селекционно-опытной станции Института зернового хозяйства НААНУ, расположенной в Днепропетровской области. На основании сравнительной характеристики двух периодов исследований: 1-й – период интенсивного применения пестицидов (1983-1989 гг.) и 2-й – период значительного (в 10-12 раз) уменьшения пестицидного пресса в Украине (1999-2005 гг.) показано, что во втором периоде, по сравнению с первым, в агроэкосистемах полевых культур произошло существенное увеличение как количества видов жуков, особенно зоофагов, так и их численности. В результате исследований обоснована способность природных популяций хищных жесткокрылых эффективно регулировать численность вредной энтомофауны в аграрных экосистемах на экономически безопасном уровне без дополнительного применения пестицидов.

Ключевые слова: агроэкосистемы, целостная агроэкосистема, уменьшение пестицидных нагрузок, реакция жуков, степная зона Украины.

О.М. Сумароков¹, О.В. Жуков²**ПОКАЗНИК ВІДНОВЛЕННЯ БІОТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ
АГРОЕКОСИСТЕМ****ПРИ ЗМЕНШЕННІ ПЕСТИЦИДНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**¹Інститут зернового господарства НААНУ

Україна, Дніпропетровськ, вул. Дзержинського, 29

e-mail: col@sin.net.ua²Дніпропетровський державний аграрний університет

49600, м. Дніпропетровськ, вул. Ворошилова, 25

e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

Робота присвячена оцінці реакції імаго герпетобійних твердокрилих (Coleoptera) на зменшення пестицидного навантаження в агроекосистемах степової



зони України. В якості тестових досліджувалися посіви *Triticum vulgare* Host., *Hordeum sativum* L., *Pisum sativum* L., *Zea mays* L., *Helianthus annuus* L. і *Medicago sativa* L., що входять до польових сівозмін. Основні багаторічні стаціонарні спостереження проведені на Синельниківській селекційно-дослідній станції Інституту зернового господарства НААНУ, розташованої в Дніпропетровській області. На підставі порівняльної характеристики двох періодів досліджень: 1-й - період інтенсивного застосування пестицидів (1983-1989 рр.) та 2-й - період значного (у 10-12 разів) зменшення пестицидного преса в Україні (1999-2005 рр.) доведено, що в другому періоді, порівняно з першим, в агросистемах польових культур відбулося істотне збільшення кількості видів жуків, особливо зоофагів, та їх чисельності. У результаті досліджень обґрунтовано здатність природних популяцій хижих твердокрилих ефективно регулювати чисельність шкідливої ентомофауни в аграрних екосистемах на економічно безпечному рівні без додаткового застосування пестицидів.

Ключові слова: агроекосистеми, цілісна агроекосистема, зменшення пестицидних навантажень, реакція жуків, степова зона України.

A.M Sumarokov¹, A.V Zhukov²

**RECOVERY RATES OF BIOTIC POTENTIAL OF AGRARIAN ECOSYSTEMS
WITH THE REDUCTION OF PESTICIDE LOAD**

¹*Institute of Grain Farming NAANU*

e-mail: col@sin.net.ua

²*Dnepropetrovsk State Agrarian University*

e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

The research paper estimated the reaction of Herpetobiont adult beetles (Coleoptera) on the reducing of the pesticide load in the agro-ecosystems of the steppe zone of Ukraine. We choose the crops of *Triticum vulgare* Host., *Hordeum sativum* L., *Pisum sativum* L., *Zea mays* L., *Helianthus annuus* L. and *Medicago sativa* L., being part of field rotation as test cultures. The main long-term constant observations were conducted on Sinelnikovo Selection and Experimental Station of the Institute of Grain Farming, National Academy of Agrarian Sciences (Ukraine), located in the Dnipropetrovsk region. Based on the comparative characteristics of two study periods, namely: 1st - the period of intensive use of pesticides (1983-1989) and 2nd - period of substantial (by 10-12 times) reduce of pesticide press in Ukraine (1999-2005) we succeed to show that during second period in the fields of agrosystems cultures there was significant increase in number of species of beetles, particularly zoophagous, and their abundance. The studies proved the ability of natural populations of predatory beetles to effectively control the population of harmful insect fauna in agricultural ecosystems at economically safe level without the use of pesticides.

Keywords: agricultural ecosystems, integrated agricultural ecosystem, reducing of pesticide load, reaction of beetles, the steppe zone of Ukraine.

Сельское хозяйство наряду с промышленностью выступает мощным фактором воздействия на биосферу, главным образом в результате применения в растениеводстве широкого спектра пестицидов. Пестицидный

стресс является экологическим фактором, который приводит к существенным перестройкам в структуре всех компонентов агроэкосистем и к ослаблению их биотического потенциала. При этом происходит нарушение авторегуляционных процессов, возникают вспышки массового размножения вредных видов фитофагов (Козлов, 1987; Тропин, 1964). Но, несмотря на это, во многих странах увеличивается производство и применение пестицидов.

Причина состоит в том, что до настоящего времени существует укоренившееся мнение, что аграрные экосистемы являются искусственными образованиями, в которых отсутствуют механизмы саморегуляции, свойственные природным экосистемам. Это приводит к необоснованному оправданию применения для защиты урожая от вредных организмов большого количества отравляющих химических препаратов. Лишь в последние годы была доказана ошибочность этого мнения (Зубков, 1995; Сумароков, 2009).

В этой связи особую актуальность приобретает выяснение механизмов поддержания устойчивости экосистем, изучение принципов их функционирования, а также научных основ сохранения биоразнообразия в условиях антропогенного воздействия на природные комплексы.

Согласно статистическим данным, за последние 10–12 лет объём применения пестицидов в Украине уменьшился более чем в 10 раз (почти на 86 млн. га), по сравнению с предыдущим периодом их интенсивного применения. Создавшиеся условия позволили провести оценку изменений, произошедших в агроэкосистемах полевых культур на фоне значительного снижения уровня пестицидной нагрузки на примере реакции на них одной из наиболее многочисленных групп насекомых – отряда жесткокрылых (Coleoptera). По мнению М.С. Гилярова (1960), установленные закономерности для сообществ жесткокрылых могут быть распространены и на другие компоненты, поскольку для характеристики целых сообществ правомочно использовать результаты изучения их части.

Основной целью исследования является изучить характер перестройки сообществ герпетобионтных жесткокрылых, обитающих на полях сельскохозяйственных культур в ответ на уменьшение пестицидной нагрузки в степной зоне Украины.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Степная зона Украины занимает площадь 240,2 тыс. км², что составляет около 40 % общей площади страны. В меридиональном отношении протяженность достигает 500 км, в субширотном – 950 км. Значительная протяженность этой территории предопределяет ее неоднородность по естественным условиям.

Климат степной зоны Украины умеренно теплый, с недостаточным, скудным увлажнением. Зима мягкая, иногда холодная, преимущественно малоснежная. Для зимнего периода характерны сильные и продолжительные



оттепели с резкими перепадами температур. Часто после оттепелей наблюдаются сильные похолодания, что приводит к образованию ледяной корки. Количество дней со снежным покровом составляет 80. Почва промерзает на глубину до 60 см. Лето жаркое. Климатические условия летнего периода зоны исследований характеризуются недостаточным увлажнением, но в отдельные годы наблюдаются значительные отклонения от многолетних средних показателей. Степная зона Украины относится к району с наименьшей относительной влажностью воздуха, по сравнению с остальной территорией страны. В Степи часты суховеи; количество дней с ними в теплое время года составляет от 7 до 17 (Бучинский, 1963).

Синельниковская селекционно-опытная станция расположена на водоразделе рек Днепр–Волчья между верховьями балок Татарка, Лозовая, Ворона. Земли ее расчленены балками на довольно узкие водоразделы с полого-покатыми склонами. Почвообразующими породами являются тяжелосуглинистые и легкоглинистые лессы, которые на глубине 5-6 м сменяются среднесуглинистым палевым лессом. Почвенный покров довольно однороден и представлен в основном обыкновенными среднесуглинистыми малогумусными полнопрофильными и в различной степени смытыми черноземами. Несмытые черноземы, главным образом легкоглинистые, составляют 67 % пахотных угодий. Эродированные черноземы занимают 30 % всей пашни. Структура пахотного слоя (0-25 см) пылевато-комковатая, а подпахотного (25-35 см) – комковато-зернистая. Территория пахотных земель станции составляет около 4600 га (Нереда, Сонько, 1971).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Настоящая работа представляет собой итог исследований, охватывающих период с 1983 по 2010 гг. Многолетние стационарные мониторинговые исследования проведены на Синельниковской селекционно-опытной станции Института зернового хозяйства НААН Украины, расположенной на северо-востоке Днепропетровской области. Дополнительно материал собирался в Кировоградской, Запорожской, Херсонской, Николаевской и Одесской областях.

Обследованию подлежали посевы *Triticum vulgare* Host. (озимой пшеницы), *Hordeum sativum* L. (ярового ячменя), *Pisum sativum* L. (гороха), *Zea mays* L. (кукурузы), *Helianthus annuus* L. (подсолнечника) и *Medicago sativa* L. (люцерны), представляющие собой агросистемы первого порядка (экосистемы одного поля), входящие в состав полевых севооборотов и образующие, как элементарные составляющие, целостную агроэкосистему (ЦАЭС). В данном случае целостность интерпретируется как интегративное понятие единого целого, сумма свойств которого больше суммы свойств составляющих его частей. Вариантами при исследовании служили производственные посевы

культур, площадью 50–150 га, а в отдельных случаях площадь посевов была меньшей (люцерна), но не менее 3 га.

Основным методом учёта были почвенные ловушки Барбера без фиксатора. В качестве ловушек использовались стеклянные полулитровые банки и пластиковые стаканы с диаметром отверстия 75 мм. Ловушки выставлялись в линию в количестве 5–10 штук на расстоянии 20–25 метров друг от друга от края вглубь поля. Полученные количественные данные в дальнейшем пересчитывались на 10 ловушко-суток. Извлечение насекомых из ловушек проводили на протяжении всего периода вегетации культур регулярно с интервалом 7–10 суток, но иногда, из-за дождей или других причин, – через 2–3 недели, одновременно во всех исследуемых агросистемах в течение одного дня. Для предотвращения попадания осадков в ловушки, над ними на высоте 15 см устанавливались навесы из прозрачного пластика, закрепленного на проволоочной опоре. Дополнительно материал собирался путем кошения энтомологическим сачком, при визуальном осмотре растений во время маршрутных обследований. Собранных жуков замаривали в эксикаторе с использованием уксусно-этилового эфира, после чего мыли в воде, затем высушивали и помещали на ватные энтомологические матрасики для дальнейшей работы по определению их видовой принадлежности.

Исследования проводились по общепринятым методикам (Гиляров, 1941, 1965; Кудрин, 1965; Фасулати, 1971). Основная часть математической и статистической обработки данных выполнена с использованием пакета программ Statistica 7.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За весь период исследований было проанализировано более 650 тысяч экземпляров жуков. В пределах исследуемых полевых агроэкосистем зафиксировано 781 вид жесткокрылых, относящихся к 38 семействам. Среди них по количеству видов доминировали Carabidae – 245 видов, затем Curculionidae – 89, Staphylinidae – 83, Chrysomelidae – 65, Scarabaeidae – 55 видов. Значительно уступали им Histeridae – 26 видов, Cerambycidae – 24, Coccinellidae – 23, Tenebrionidae – 18, Meloidae – 17, Elateridae и Silphidae – по 16 видов, Lathridiidae – 14, Mordellidae – 9, Anthicidae, Cantharidae и Dermestidae – по 8 видов, Melyridae – 7, Bruchidae, Byrrhidae и Nitidulidae – по 5 видов. Остальные семейства жуков были представлены 1–4 видами.

По трофической принадлежности жуки с преобладанием плотоядного типа питания названы зоофагами, растительноядного – фитофагами, а питавшиеся неживыми остатками растительного и животного происхождения – сапрофагами.

Наиболее показательными для характеристики уменьшения уровня пестицидного воздействия на аграрные экосистемы были периоды: 1-й – с 1983 по 1989 гг., характеризующийся интенсивным применением пестицидов, и



2-й – с 1999 по 2005 гг., в котором произошло значительное уменьшение количества ядохимикатов. Указанные периоды были взяты за основу при изложении материалов настоящей работы.

Анализ полученных данных показал, что в результате снижения пестицидного пресса во втором периоде исследований в ЦАЭС произошли изменения числа видов жесткокрылых (табл. 1).

Таблица 1. Изменение количества видов жесткокрылых в целостной агроэкосистеме в разные периоды исследований

Год	Зоофа	Фитоф	Сапроф	Все	Год	Зоофа	Фитоф	Сапроф	Все
ы	ги	аги	аги	го	ы	ги	аги	аги	го
Период 1					Период 2				
1983	39	31	17	87	1999	73	50	28	151
1984	49	41	24	114	2000	72	69	37	178
1985	47	45	24	116	2001	81	84	51	216
1986	44	33	26	103	2002	65	62	35	162
1987	40	40	21	101	2003	–	–	–	–
1988	41	34	23	98	2004	98	98	57	37
1989	34	22	24	80	2005	106	106	61	43
1983–1989	50	50	34	134	1999–2005	114	114	117	50

Примечание. Во втором периоде исследований данные за 2003 г. не приводятся в связи с гибелью посевов люцерны и пшеницы во время зимовки.

Установлено, что во втором периоде исследований по сравнению с первым общее количество видов жуков достоверно возросло в 2,1 раз, жуков-зоофагов и фитофагов – в 2,3 раза, а сапрофагов – в 1,5 раз. При этом в абсолютных цифрах общее число видов жесткокрылых увеличилось на 147, в том числе зоофагов – на 64, а фитофагов и сапрофагов на 67 и 16 видов соответственно.

Для оценки влияния уровня пестицидной нагрузки на видовое богатство проведен дисперсионный анализ (табл. 2). После операции логарифмирования

распределение числа видов подчиняется нормальному закону (тест Колмогорова-Смирнова $d = 0,08$, $p = \text{n.s.}$ – нет отличия, тест Лилиефорса $p = \text{n.s.}$), что является важным условием адекватности дисперсионного анализа. Уровень пестицидной нагрузки выражен в виде фактора «Период» (два уровня – 1983–1989 и 1999–2005 гг.), видовое богатство жесткокрылых в виде фактора «Группа» (четыре уровня – общее видовое богатство сообщества, видовое богатство сапрофагов, фитофагов и хищников).

Таблица 2. Влияние периода и трофической специализации на динамику видового богатства (логарифм числа видов, общая линейная модель)

Переменная	SS	Степени свободы	MS	F-статистика	p-уровень
Константа	159,99	1	159,99	27240,37	0,00
Период	0,85	1	0,85	144,91	0,00
Группа	3,03	3	1,01	171,73	0,00
Период*Группа	0,00	3	0,00	0,27	0,85
Ошибка	0,26	44	0,01		

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что между трофическими группами жесткокрылых и двумя периодами наблюдаются статистически достоверные различия по количеству видов. Кроме того, увеличение числа видов, которое наблюдалось в период после снижения пестицидной нагрузки, произошло в равной степени у всех трофических групп, так как влияние фактора Период*Группа не является достоверным.

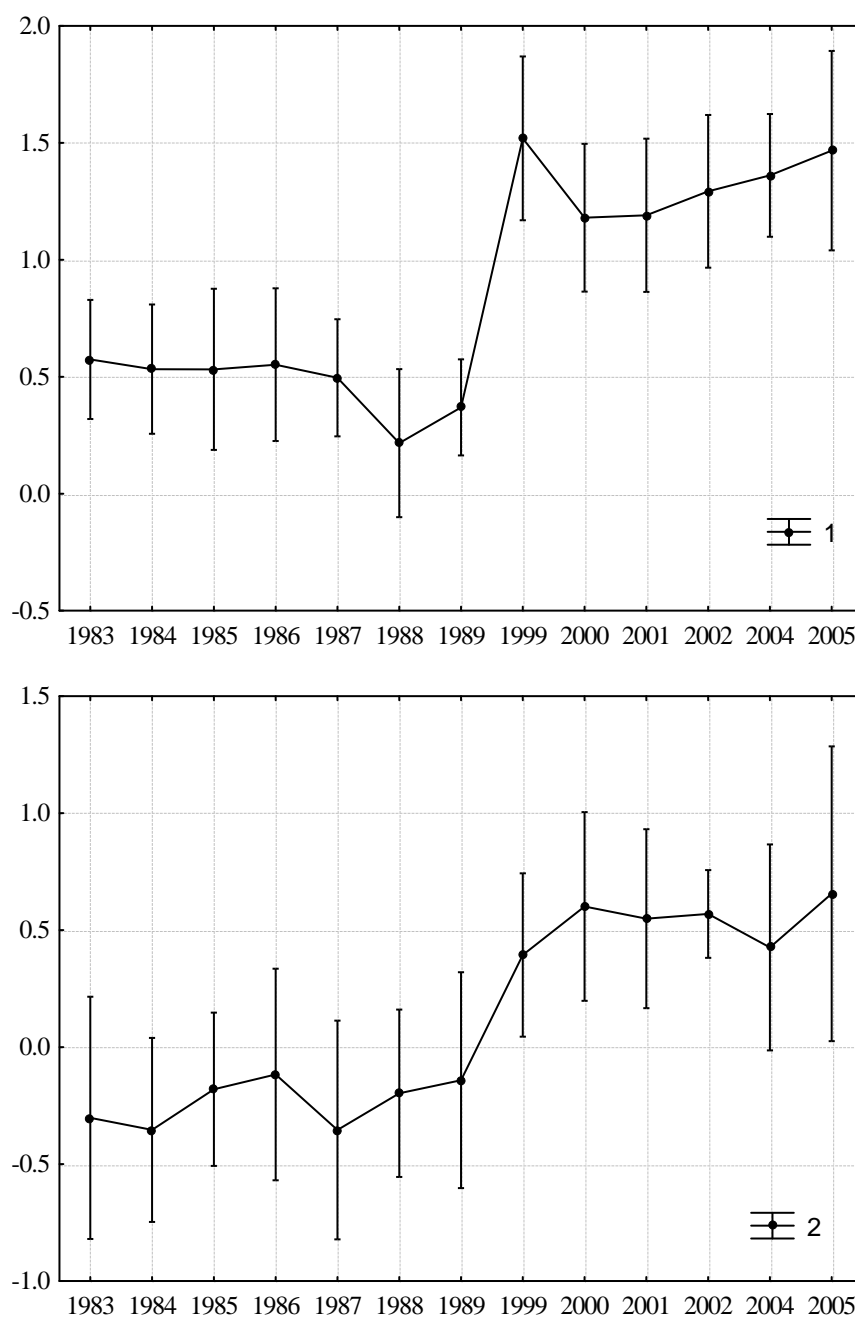
При анализе изменений динамической плотности жесткокрылых, наблюдавшихся в ЦАЭС, было установлено, что во втором периоде, по сравнению с первым, произошло существенное увеличение динамической плотности герпетобионтных жесткокрылых из всех трофических групп. Данные о произошедших изменениях отражены на рис. 1.

Наиболее существенно эта тенденция проявляется у зоофагов. Рост динамической плотности представителей этой трофической группы при снижении пестицидного пресса составил 10,7 раз. Зоофаги представлены главным образом хищными жуками, которые были активными на протяжении всего периода вегетации агрокультур.

Следует обратить внимание на то, что при этом увеличилась плотность и растительноядных видов жесткокрылых в 5,8 раза. Но, как показал анализ видовой структуры комплекса фитофагов, увеличение численности этой трофической группы произошло за счет видов с широким трофическим спектром, питающихся сорной растительностью. Среди них не отмечено специализированных вредителей культурных растений. При снижении



пестицидной нагрузки отмечено увеличение динамической плотности жуков-сапрофагов в 8,0 раз.



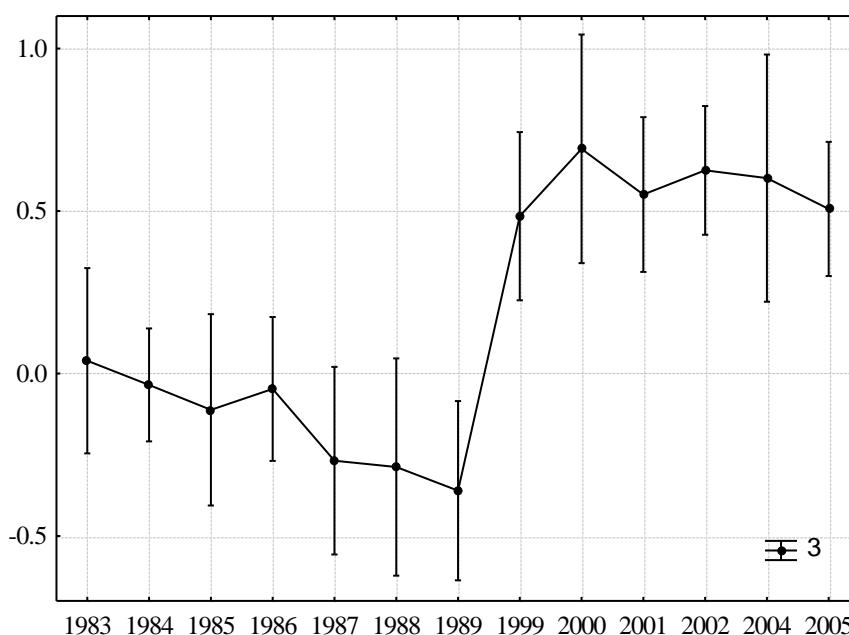


Рис. 1. Изменение динамической плотности жесткокрылых в целостной агроэкосистеме в разные периоды исследований, экз./10 ловушко-суток (в логарифмическом масштабе) (для зоофагов – 1; 2 – сапрофагов; 3 – фитофагов).

Вертикальные линии указывают 95 % доверительный интервал

Дисперсионный анализ позволил установить достоверный характер влияния на динамическую плотность сообществ жесткокрылых таких факторов, как уровень пестицидной нагрузки, сельскохозяйственной культуры и трофической специализации (табл. 3).

Таблица 3. Влияние периода и трофической специализации на динамическую плотность жесткокрылых (логарифмический масштаб, общая линейная модель)

Переменная	SS	Степени свободы	MS	F-статистика	p-уровень
Константа	59,79	1	59,79	686,68	0,00
Период	53,21	1	53,21	611,13	0,00
Культура	19,90	8	2,49	28,58	0,00
Группа	39,05	2	19,52	224,24	0,00
Период*Культура	1,81	8	0,23	2,60	0,01
Период*Группа	0,36	2	0,18	2,09	0,13
Культура*Группа	14,38	16	0,90	10,32	0,00
Период*Культура*	2,50	16	0,16	1,79	0,03
Группа					
Ошибка	25,08	288	0,09		

Сложный характер динамике придают взаимодействия между такими факторами, как пестицидная нагрузка и сельхозкультура, культура и трофическая группа, а также комплексное взаимодействие нагрузка, культура и трофическая группа. Необходимо отметить, что эффект взаимодействия Период*Группа не является достоверным, что свидетельствует об отсутствии различий в реакции представителей различных трофических групп на снижение пестицидной нагрузки. Указанная закономерность может быть проиллюстрирована данными, приведенными на рис. 2.

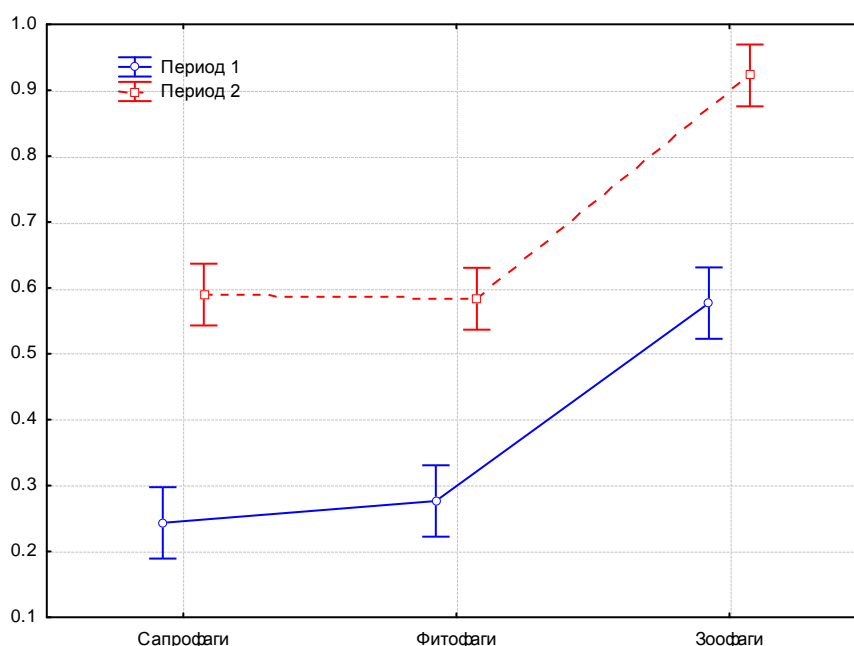


Рис. 2. Реакция динамической численности различных трофических групп жесткокрылых на снижение пестицидной нагрузки. По оси ординат – динамическая численность в экз./10 ловушко-суток (данные предварительно логарифмированы)

Данные рис. 2 свидетельствуют о том, что во втором периоде исследований по сравнению с первым произошло достоверное увеличение плотности герпетобионтных видов жесткокрылых, относящихся ко всем трофическим группам. Параллельный характер увеличения обилия представителей основных трофических групп жесткокрылых – сапрофагов, фитофагов и зоофагов – свидетельствует об отсутствии различий в их реакции на уменьшение количества применяемых в сельскохозяйственном производстве пестицидов. Таким образом, трофическая структура сообщества жесткокрылых, которую можно рассматривать как соотношение различных трофических групп, при снижении пестицидного пресса, не изменяется.

Для оценки вкладов различных источников изменчивости использовали анализ компонент дисперсии (Variance Component Analysis) по алгоритму максимального правдоподобия (рис. 3). Применили иерархический дизайн, в котором факторы расположены в следующем порядке: Период > Культура > Год. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшее значение в динамике численности герпетобионтных жуков сыграло снижение уровня пестицидной нагрузки. Наиболее чувствительными к снижению оказались зоофаги (52,8 % дисперсии) и фитофаги (50,22 %), для сапрофагов этот показатель составляет 36,05 %. Роль агрокультуры в динамике жуков составляет от 15,92 % (фитофаги) до 35,90 % (сапрофаги). Межгодовые различия составляют 1,61–3,94 % дисперсии динамической плотности жесткокрылых.

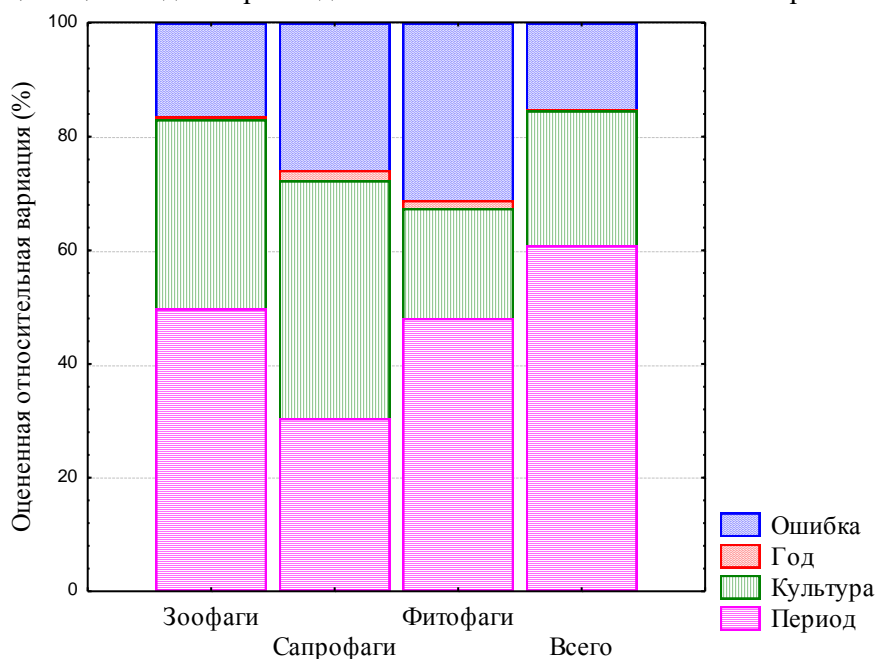


Рис. 3. Анализ компонент дисперсии динамической плотности сообществ жесткокрылых

При изучении изменения структуры сообществ жуков в ответ на снижение пестицидной нагрузки важно отметить не только особенности видового богатства и динамической плотности, но и характер взаимоотношений между трофическими группами. В первый период исследований наблюдается синхронное изменение обилия всех трофических групп (рис. 4а). Таким образом, прослеживается исключительное регулирующее влияние пестицидной нагрузки. Пестициды не только снижают численность всех трофических групп жесткокрылых, но и разрушают механизмы внутрисистемной регуляции. При снижении пестицидной нагрузки происходит восстановление регуляторных внутрисистемных

взаимоотношений, что проявляет себя в отрицательной зависимости фитофагов от зоофагов (рис. 4б).

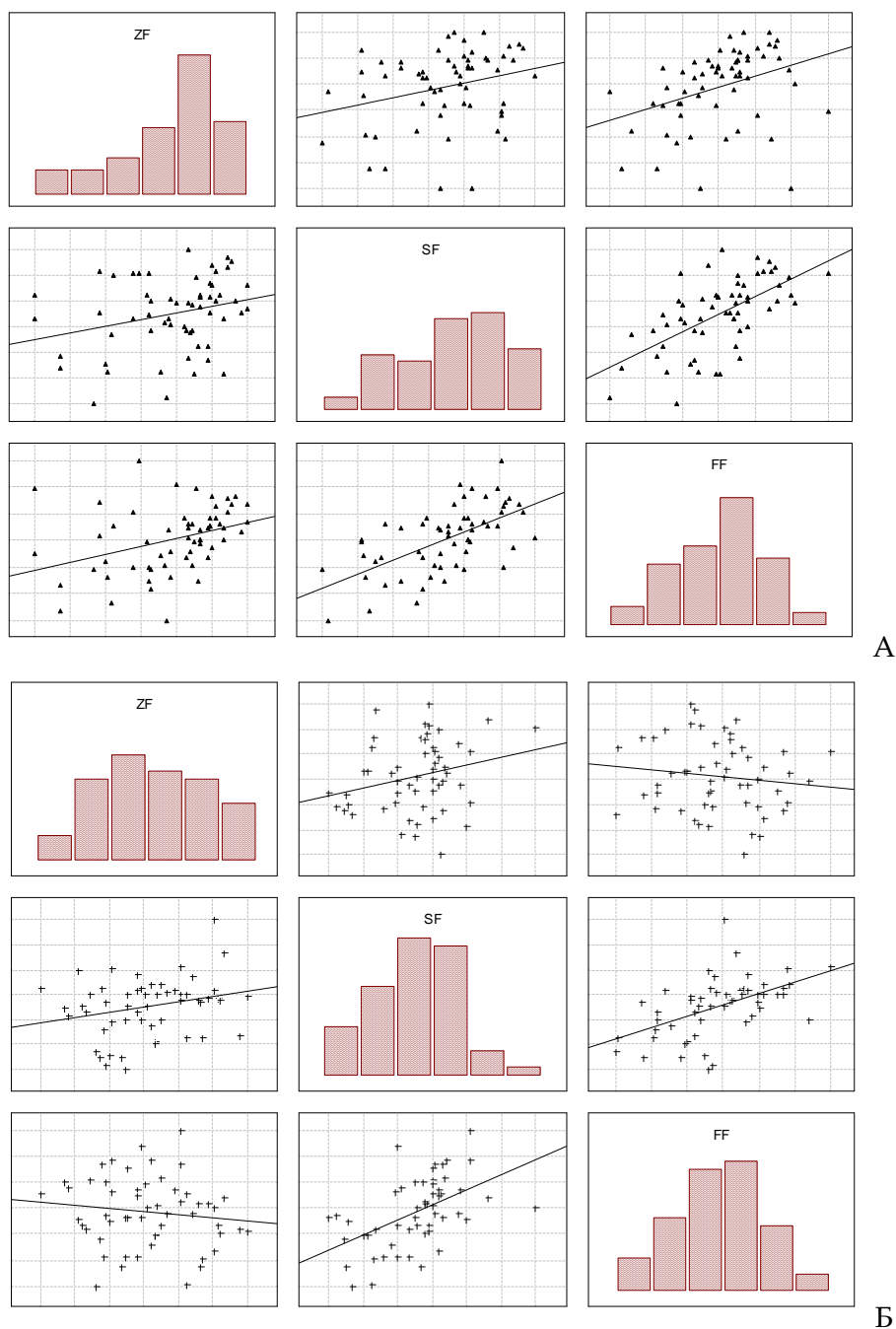


Рис. 4. Соотношение между трофическими группами (А – период 1, Б – период 2)

Регрессионный анализ позволил установить характер зависимости между трофическими группами в условиях различного уровня пестицидной нагрузки (табл. 4).

Таблица 4. Регрессионный анализ взаимосвязи между трофическими группами жесткокрылых

Период 1							
Трофическая группа	Переменная	<i>Beta</i>	Ст. ошибка <i>Beta</i>	<i>B</i>	Ст. ошибка <i>B</i>	<i>t</i> (57)	р-уровень
Фитофаги, $R^2 = 0,41$	Константа			-0,15	0,07	-2,25	0,03
	ZF	0,21	0,11	0,20	0,10	1,98	0,05
	SF	0,55	0,11	0,37	0,07	5,18	0,00
Сапрофаги, $R^2 = 0,37$	Константа			-0,16	0,10	-1,56	0,12
	ZF	0,06	0,11	0,09	0,16	0,55	0,58
	FF	0,58	0,11	0,86	0,17	5,18	0,00
Зоофаги, $R^2 = 0,13$	Константа			0,53	0,05	10,49	0,00
	SF	0,09	0,15	0,06	0,11	0,55	0,58
	FF	0,31	0,15	0,32	0,16	1,98	0,05
Период 2							
Фитофаги, $R^2 = 0,34$	Константа			0,67	0,13	5,12	0,00
	ZF	-0,28	0,12	-0,22	0,10	-2,35	0,02
	SF	0,58	0,12	0,39	0,08	4,95	0,00
Сапрофаги, $R^2 = 0,37$	Константа			-0,47	0,22	-2,10	0,04
	ZF	0,33	0,11	0,39	0,14	2,90	0,01
	FF	0,56	0,11	0,83	0,17	4,95	0,00
Зоофаги, $R^2 = 0,16$	Константа			1,39	0,11	12,92	0,00
	SF	0,44	0,15	0,36	0,12	2,90	0,01
	FF	-0,35	0,15	-0,43	0,18	-2,35	0,02

Установлено, что в период интенсивного применения пестицидов взаимосвязь между зоофагами, сапрофагами и фитофагами описывается статистически достоверными позитивными регрессионными коэффициентами. Для сапрофагов отмечено достоверное влияние только фитофагов, а на хищников – фитофагов. Регрессионные модели описывают от 13 до 41 % изменчивости зависимых переменных.

В условиях уменьшения пестицидного пресса все регрессионные коэффициенты являются статистически достоверными. Зоофаги как регулирующий фактор снижают численность фитофагов, что подтверждается соответствующим отрицательным регрессионным коэффициентом.

Регрессионные модели описывают 16–37 % изменчивости зависимых переменных. Коэффициенты детерминации регрессионных моделей как показатели внутрисистемной связности практически не изменились в двух периодах исследований. Это свидетельствует о том, что устойчивость системы при снижении пестицидного пресса не уменьшилась. Регулирующая функция от пестицидов перешла к естественным агентам контроля – зоофагам, влияние которых в наибольшей степени проявлено по отношению к фитофагам.

При анализе данных об урожае основных продовольственных культур (озимой пшеницы и гороха), выращиваемых на станции в разные периоды исследований, приходим к выводу, что существенное уменьшение пестицидной нагрузки во втором периоде не повлекло за собой уменьшение урожая указанных культур (рис. 5).

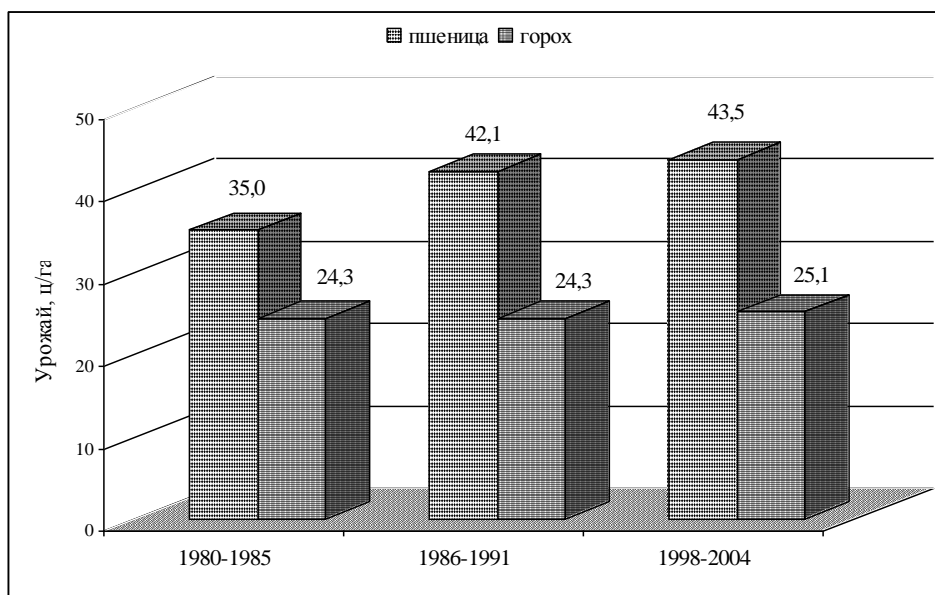


Рис. 5. Урожай озимой пшеницы и гороха в разные периоды исследований (Синельниковская селекционно-опытная станция)

Самое главное состоит в том, что во втором периоде исследований не было зафиксировано ни одной значительной вспышки численности вредных видов фитофагов, повлекших потери урожая исследуемых агрокультур. Так, в частности, на основе анализа поврежденности растений озимой пшеницы внутрстебельными вредителями (шведская и гессенская мухи и др.) установлено, что она уменьшилась с 35-38% в первом периоде до 2-3% – во втором периоде.

В последние годы в ряде статей авторами указывается на то, что в связи с уменьшением количества химических средств защиты растений чуть ли не повсеместно увеличилась вредоносность многих растительноядных насекомых

на пшенице и других полевых культурах. Но ни в одной из них не приводятся данные, по сравнению с чем и на сколько увеличилось и не приводятся конкретные цифры, часто аргументируя свой тезис глобальным потеплением.

Неоспоримым является факт, что на смену биосфере, в которой изменения осуществлялись исторически складывавшейся в процессе эволюции совокупностью разных групп организмов, приходит ноосфера, в которой основным фактором становится человек и, в первую очередь, его производственная деятельность (Вернадский, 1940). Можно утверждать, что в настоящее время практически не осталось экосистем, которые в той или иной степени не подверглись антропогенному воздействию. С этой позиции становится очевидным, что речь должна идти не об искусственных и естественных экосистемах, а о характере и степени антропогенного воздействия на все экосистемы и характеристике изменений, произошедшие в них в результате таких воздействий.

Наблюдавшиеся довольно часто вспышки массовых размножений фитофагов в посевах полевых агрокультур привели к ложному выводу о том, что они практически не обладают собственной устойчивостью (Арнольди, Арнольди, 1963 др.). Отдельные экологи (Shelford, 1912) вообще считали исследования вторичных сообществ, возникающих на пахотных землях, бесполезными для познания природы. Укоренившееся мнение об искусственности создаваемых человеком агроэкосистем, отрицание возможности существования в них процессов саморегуляции, необоснованно оправдывало применение для защиты урожая от вредных организмов большого количества отравляющих элементов в виде химических препаратов.

Вместе с тем, в литературе приводятся данные (Израэль и др., 1987), что мировое производство пестицидов к концу восьмидесятых годов прошлого столетия достигло 5 млн. тонн в год. Расширялся ассортимент отравляющих веществ и увеличивалась их стоимость. Тем не менее, годовые потери урожая полевых агрокультур, например, в США, вызванные вредными членистоногими в период с 1904 по 1974 гг., оставались одинаковыми – на уровне 11 %.

Переходя к определению системного статуса посевов агрокультур в исследуемом регионе степной зоны Украины, нам представляется рассматривать их не как искусственные образования, а как вторичные экосистемы, возникшие на месте некогда первичных естественных экосистем степи путем их распашки, размещения на них посевов культурных растений, использования приемов ухода за ними. Рядом исследователей (Гиляров, 1955; Иванова, 1953; Кросли и др., 1987; Медведев, 1959 и др.) на примере крупных фаунистических групп показано, что видовой состав агроэкосистем определяется в той или иной степени окружающими экосистемами (пограничный эффект) – лесными опушками, лесополосами, залежными участками, другими экотонами. По видовому обилию некоторых групп



насекомых, например, жужелиц (Танский, 1988), пшеничные поля превзошли целинные участки и приблизились по составу и численности населения к ценозам старопахотных земель. При этом численность наиболее массовых растительоядных видов уменьшилась, а соотношение числа особей хищник:жертва возросло, что повысило саморегуляцию агробиоценозов (Григорьева, 1965).

Формирование экосистем культурных полей идет за счет биотических элементов естественных экосистем, и, следовательно, посеы агрокультур нельзя рассматривать изолированно не только друг от друга, но в равной мере и от естественных биоценозов. На основании вышеизложенных исследователями позиций, можно принять вывод о том, что у вторичных агроэкосистем не было выявлено принципиальных различий в сложении от первичных экосистем.

На основе анализа литературных данных о действии пестицидов как на агроэкосистемы, так и на первичные экосистемы, можно сделать вывод, что серьезные нарушения, вызывающие перестройку и значительные преобразования сообществ организмов, происходят при регулярном поступлении пестицидов в течение длительного времени и в этом случае загрязнение выступает в качестве нового экологического фактора. В результате наблюдается значительное обеднение сообществ за счет сокращения числа образующих их видов из всех трофических уровней, происходят нарушения во всех трофических цепях. Это приводит к затруднению функционирования авторегуляционных процессов, возникновению вспышек массового размножения фитофагов, причем часто со сменой доминантов в сторону скрытно живущих видов, которые раньше являлись второстепенными вредителями (Захваткин, 1988; Козлов, 1987; Тропин, 1964; Федоров и др., 1999; Яблоков, 1988, 1990 и др.).

Обстоятельный анализ нарушения равновесия популяций членистоногих после применения инсектицидов, главным образом хлорорганических, дан в обзорах В.Н. Старка (1954) и В.Э. Риппера (1959). Основные выводы этих работ, очевидно, правомочны по отношению ко всем современным пестицидам. Они свидетельствуют о том, что абсолютное большинство инсектицидов не обладает избирательной токсичностью. Как правило, после их систематического применения в сильной степени страдают как целевые объекты – фитофаги, так и нецелевые – паразиты, хищники, опылители, а также индифферентные насекомые и пауки, что приводит к нарушению сложных биотических отношений в экосистемах. В результате неумеренного и многократного применения пестицидов подвижное сбалансированное равновесие в энтомоценозах нарушается, что приводит к вспышкам массового размножения фитофагов, вышедших из-под контроля природных популяций зоофагов.

В цепи питания зоофаги в большей степени подвержены воздействию токсикантов, чем фитофаги, поскольку помимо их прямого воздействия на хищников, последние потребляют в пищу отравленные объекты. Поэтому при высокой токсической нагрузке ослабляется регулирующая деятельность популяций энтомофагов в данном случае в условиях агроэкосистем. На подобную закономерность, определяющую характер обилия разных функциональных групп беспозвоночных в условиях промышленного загрязнения, указывается в работах ряда авторов (Barrett, 1968; Bartlett, Ewart, 1971; Нестерков, Воробейчик, 2009).

В то же время, у целой группы фитофагов вырабатывается резистентность к применяемым инсектицидам и они становятся малочувствительными к их воздействию. В бывшем СССР устойчивость к инсектицидам была установлена для 33 видов вредителей сельскохозяйственных культур, против которых велись регулярные обработки. Анализ изучения механизма возникновения у фитофагов резистентности к пестицидам приведен в обобщающей сводке (Приобретение...1959), приведен в работах других исследователей (Курдюков, 1982; Croft B., 1982; Рукавишников, 1984 и др.).

При разработке средств защиты от вредных организмов и оптимизации их применения необходимо учитывать общебиологическую теорию развития и размножения живых организмов и опираться на единую теорию защиты растений, основные положения которой разбираются многими авторами (Викторов, 1956, 1973; Поляков, 1972; Уатт, 1971; Pruszycki, 2006 и др.). При этом главными регулирующими и структурообразующими взаимодействиями в экосистеме являются конкуренция и хищничество, которым отводится основная роль в формировании и поддержании стабильной структуры агроэкосистемы (Джиллер 1988).

На основании полученных данных можно утверждать, что именно пестициды являются главным фактором, нарушающим в первую очередь структуру популяций хищных насекомых в агроэкосистеме, в том числе герпетобионтных жуков-зоофагов. Роль последних в регуляции численности вредных для культурных растений фитофагов несомненна, что подчеркивается многими исследователями (Дядечко, 1980; Крыжановский, 1983; Риклефс, 1979 и др.).

Следует указать на то, что, руководствуясь заботой о здоровье своей нации, в некоторых высокоразвитых странах, например, в Швеции, Дании, Нидерландах и США приняты законы, ограничивающие применение пестицидов (Wysoki, 1996). Известны примеры выращивания сельскохозяйственных культур без применения пестицидов и в Украине. Так, в фирме "Агроэкология" Шишацкого района Полтавской области на протяжении почти 30 последних лет в растениеводстве не применяют не только химические средства защиты растений, но и минеральные удобрения.



Получаемая там экологически чистая продукция пользуется большим спросом, особенно за рубежом, хотя по стоимости она значительно превышает аналогичную продукцию, выращенную традиционным способом с использованием пестицидов (Кобець, 2006 и др.).

ВЫВОДЫ

Таким образом, следует, во-первых, безоговорочно признать, что сельскохозяйственные экосистемы являются не искусственными образованиями, а антропогенно трансформированными естественными структурами со всеми механизмами взаимосвязей между компонентами зооценозов, присущими природным экосистемам.

Во-вторых, природные популяции энтомофагов способны в большинстве случаев эффективно регулировать численность вредителей культурных растений на экономически безопасном уровне при условии существенного уменьшения (в 10–12 раз) применения пестицидов, используемых при возделывании агрокультур. Этому способствует высокий биотический потенциал агроэкосистем. Такая закономерность может иметь место практически в любой стране, занимающейся выращиванием сельскохозяйственных культур, но только при условии аналогичного уменьшения объемов применения пестицидов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Арнольди К.В., Арнольди Л.В. О биоценозе как одном из основных понятий экологии, его структуре и объеме // Зоол. журнал, 1963 – № 42, вып. 2. – С. 161-183.
- Бучинский И.Е. Климат Украины в прошлом, настоящем и будущем. – К.: Гос. издат. с.-х. литературы УССР, 1963. – 308 с.
- Вернадский Н.И. Биогеохимические очерки, 1922-1932 – М., Л.: АН СССР, 1940. – С. 7-11.
- Викторов Г.А. Влияние инсектицидов на биоценотические отношения насекомых // Зоол. журнал, 1956. – Т. 35, вып. 10. – С. 1441-1449.
- Викторов Г.А. Динамика численности животных и управление ею // V Всесоюз. экологическая конф. Современные проблемы экологии. (Доклады). – МГУ, 1973. – С. 88-120.
- Гиляров М.С. Методы количественного учёта почвенной фауны // Почвоведение. – 1941. № 4. С. 48–77.
- Гиляров М.С. Закономерности формирования комплексов вредных насекомых при освоении целинных земель // Журн. общей биологии, 1955. – Т. 16, вып. 6. – С. 444-457.
- Гиляров М. С. Почвенные беспозвоночные как фактор плодородия почвы // Журн. общ. биологии. 1960. Т. 21, № 2. С. 81–88.

- Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука. 1965. 275 с.
- Григорьева Т.Н. Особенности формирования вредной фауны на полях пшеницы и задачи защиты растений в целинных районах Северного Казахстана и Заволжья // Тр. ВЭО. М.-Л.: Наука, 1965. – Т. 50. – С. 5-56.
- Джиллер П. Структура сообществ и экологическая ниша / – М.: Мир, 1988. – 184 с.
- Дядечко Н.П. Защита всходов пшеницы от мух // Защита раст., 1980 – № 12. – С. 45.
- Захваткин Ю.А. Сельскохозяйственная экология: реальности нашего времени // Вестн. с.-х. науки, 1988. – №6. – С. 31-38.
- Зубков А.Ф. Агробιοценологическая фитосанитарная диагностика. СПб. 1995. 386 с.
- Иванова А.И. Влияние естественных биоценозов на формирование биоценозов пшеничного поля. – Ученые записки Сталинградского гос. пед. ин-та, 1953. – Т. 3. – С. 227-236.
- Израэль Ю.А., Филиппова Л.М., Инсаров Г.Э., Семевский Ф.Н., Семенов С.М. Экологические эффекты загрязнений природной среды глобального масштаба // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – Т. 10. – С. 10-21.
- Кобець М. Органічне сільське господарство – що це таке? // Пропозиція, 2006. – № 6. – С. 58-62.
- Козлов М.В. Ответные реакции популяций насекомых на антропогенные воздействия: Препринт / ИЛиД СО АН СССР. Красноярск. 1987. 60 с.
- Кросли Д.А., Хауз Г.Дж., Снайдер Р.М. Положительное взаимодействие в агроэкосистемах // – С.-х. экосистемы. – М., 1987. – С. 75-84.
- Крыжановский О.Л. Жуки подотряда Adephaga: сем. Rhysopidae, Trachypachydae; сем. Carabidae (вводная часть, обзор фауны СССР) / Л.: Наука, 1983. – 341 с.
- Кудрин А.И. К вопросу о применении земляных ловушек для изучения распределения и взаимодействия элементов энтомофауны на поверхности почвы // Тр. Всесоюз. энтомол. о-ва. М.; Л. 1965. Т. 50. С. 272-290.
- Курдюков В.В. Устойчивость вредных и полезных организмов к пестицидам / Успехи современной биологии. – М., 1982. – Т. 94, вып. 2 (5). – С. 297-308.
- Медведев С.И. Основные черты изменения энтомофауны Украины в связи с формированием культурного ландшафта // Зоол. журнал, 1959. – Т. 38, вып. 1. – С. 54-68.
- Нереда З.А., Сонько М.П. Почвенный покров селекционно-опытной станции. – Основные результаты исследований на Синельниковской селекц.-опытной станции (1949-1969 гг.). – Днепропетровск, 1971. – С. 10-13.



Нестерков А.В., Воробейчик Е.Л. Изменение структуры населения беспозвоночных-хортобионтов под действием выбросов медеплавильного завода // Экология, 2009, № 4, С. 303-313.

Поляков И.Я. Экологические основы защиты растений от вредителей // Экология, 1972. – № 4. –

Приобретение насекомыми и клещами устойчивости к ядам / – М.: Иниздат, 1959. – С. 19-37.

Риклефс Р. Основы общей экологии / М.: Мир, 1979. – 424 с.

Риппер В.Э. Действие ядохимикатов на равновесие популяции членистоногих // Современные проблемы энтомологии. – М., 1959. – Т. 1. – С. 372-411.

Рукавишников Б.И. Устойчивость членистоногих к инсектицидам // Защита раст., 1984 – № 3. – С. 60-62.

Старк В.Н. Влияние сплошных химических обработок на динамику фауны лесных насаждений // Зоол. журнал, 1954. – Т. 33, вып. 5. – С. 983-992.

Сумароков А.М. Восстановление биотического потенциала биогеоценозов при уменьшении пестицидных нагрузок. / Монография. Донецк: Вебер. 2009. 193 с.

Танский В.И. Основные направления биологизации защиты пшеницы от вредных организмов в СССР // Разработка интегрированных методов защиты растений в СССР, 1988. – С. 141-145.

Тропин И.В. Пути сохранения энтомофагов при химической борьбе с вредителями леса // Исследования по биометоду борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства. Новосибирск. 1964. С. 195–198.

Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. Количественный подход / М.: Мир, 1971. 463 с.

Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М.: Высшая школа. 1971. 424 с.

Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку. М.: Наука, 1999 – 462 с.

Яблоков А.В. Пестициды, экология и сельское хозяйство // Коммунист, 1988. – № 15. – С. 34-42.

Яблоков А.В. Ядовитая приправа. Проблемы применения ядохимикатов и пути экологизации сельского хозяйства. – Сов. Фонд Мира. Сов. ассоц. “Экология и мир”. – М.: Мысль, 1990. – 122 с.

Barrett G.W. The effects of an acute insecticide stress on a semienclosed grassland ecosystem // Ecology, 1968. – 49. – N 6. – P. 1019-1035.

Bartlett B.R., Ewart W.H. Effect of two acute stress on the arthropod component of an experimental grassland ecosystem // Ecology, 1971. – V. 52. – P. 597-605.

- Croft B. Arthropod resistance to insecticides: A key to pest control failures and successes in North American apple orchards // Entomol. exper. appl., 1982. – V. 31, 2. – P. 88-110.
- Pruszycki S. The development of integrated plant protection in Poland // Матер. міжнар. науково-практич. конф., м. Київ, 13-16 листопада 2006 р. “Інтегрований захист рослин. Проблеми та перспективи”. – К., 2006. – С. 54-55.
- Shelford V. Ecological succession. / V. Biol. Bull. Marike Biol. Labor. Woodshole Mass., 1912 – V. 23. – P 3-4.
- Wysoki, M. Problems and trends of agricultural entomology at the end of the 2nd millennium // XX Int. Congr. of Entomol., 1996. – Proceedings. – P. 39-44.

REFERENCES

- Arnoldi, K.V., Arnoldi, L.V. (1963). Biocenosis as one of the basic concepts of ecology, its structure and volume. Zool. Journal. 42(2), 161-183.
- Buchinskiy, I.E. (1963). The climate of Ukraine in the past, present, and future. Kiev: State Publishing House of Agricultural Literature of the Ukraine.
- Vernadskiy, N.I. (1940). Biogeochemical essays, 1922-1932. Moscow, Leningrad.
- Victorov, G.A. (1956). Effect of insecticides on insect biocoenotical relations . Zool. Journal. 35(10), 1441-1449.
- Victorov, G.A. (1973). Changes in the number of animals and management . Proceed. V Environmental Conference. Contemporary problems of ecology. Moscow State University.
- Gilyarov, M.S. (1941). Methods for quantifying the soil fauna. Soil Science. 4, 48-77.
- Gilyarov, M.S. (1955). Regularities in the formation of complexes of harmful insects in the development of virgin lands. Journal of General Biology. 16(6). 444-457.



- Gilyarov, M.S. (1960). Soil invertebrates as a factor of soil fertility. *Journal of General Biology*. 21(2), 81-88.
- Gilyarov, M.S. (1965). *Zoological method for soil diagnostics*. Moscow: Nauka.
- Grigorieva, T.N. (1965). Features of formation of harmful fauna in the fields of wheat and plant protection problems in virgin areas of Northern Kazakhstan and Volga. Leningrad: Nauka.
- Giller, P. (1988). *Community structure and ecological niche*. Verlag.
- Dyadechko, N.P. (1980). Protection of wheat seedlings to the flies. *Protection of Soils*. 12, 45.
- Zahvatkin, Y.A. (1988). Agricultural ecology : the reality of modern time. *Bulletin of Agricultural Science*. 6, 31-38.
- Zubkov, A.F. (1995). *Agricultural and biocoenosis phytosanitary diagnostics*. St. Petersburg.
- Ivanova, A.I. (1953). Impact of natural biocenosis on the wheat field biocenosis. *Proceedings of Stalingrad State Pedagogic. Inst.* 3, 227-236.
- Izrael, Yu. A., Filippova, L.M., Insarov, G.E., Semevskiy, F.N., Semenov, S.M. (1987). Environmental effects of environmental pollution at global scale. *Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems*. 10, 10-21.
- Kobets, M. (2006). Organic Agriculture – What is This? *Proposition*. 6, 58-62.
- Kozlov, M.V. (1987). Responses of insect populations to anthropogenic influence:

Preprint. USSR Academy of Sciences. Krasnoyarsk.

- Crossley, D.A., House, G.J., Snyder, R.M. (1987). Positive interactions in agroecosystems . Agricultural ecosystem. Moscow.
- Kryzhanovsky, O.L. (1983). Beetles. Adephaga. Rhysopidae. Trachypachydae. Carabidae (Preliminary review of the fauna of the USSR). Leningrad: Nauka.
- Kudrin, A.I. (196). The application of ground traps to study the distribution and interaction of the elements of the insect fauna on soil surface. Proc. Entomological Soc. 50, 272-290.
- Kurdyukov, V.V. (1982). The stability of harmful and beneficial organisms to pesticides. Advances of Current Biology. 94 (5), 297-308.
- Medvedev, S.I. (1959). The main patterns of the changes in the insect fauna of Ukraine in connection with the formation of the cultural landscape. Zool. Journal. 38(1), 54-68.
- Nered, Z.A., Sonko, M.P. (1971). Soil cover of breeding and experimental station. Main results of research on Sinelnikovskaya Selection and Experimental Station (1949-1969). Dnepropetrovsk.
- Nesterko, A.V., Vorobeichik, Ye.L. (2009). Population Changes of Invertebrate Assemblages under the Influence of Smelter Emissions. Ecology. 4, 303-313.
- Polyakov, I.Y. (1972). Environmental framework for the protection of plants against pests. Ecology. 4, 34-37.
- Acquisition of insects and mites resistant to poisons. (1959). Moscow: Inizdat.

Ricklefs, R. (1979). Fundamentals of General Ecology. Springer: Verlag.



- Ripper, V.E. (1959). Effect of pesticides on balance of arthropod populations. Current problems of entomology. 1, 372-411.
- Rukavishnikov, B.I. (1984). Stability of arthropods to insecticides. Soil Protection. 3, 60-62.
- Stark, V.N. (1954). Effect of continuous chemical treatments on the dynamics of the fauna of forest plantations. Zool. Journal. 33 (5), 983-992.
- Sumarokov, A.M. (2009). Recovery of biotic potential of biogeocenosis at decrease of pesticide loads. Donetsk: Weber.
- Tang, V.I. (1988). The main directions of biological function of wheat protection against harmful organisms in the USSR. In Development of integrated crop protection in the USSR.
- Tropin, I.V. (1964). Ways to preserve the entomophages during chemical control of timber pests. In Research of biological control of pests in agriculture and forestry. Novosibirsk.
- Watt, K. (1971). Ecology and Natural Resource Management . A Quantitative Approach. Wiley.
- Fasulati, K.K. (1971). A field study of terrestrial invertebrates. Moscow: Higher School.
- Fedorov, L.A., Yablokov, A.V. (1999). Pesticides: toxic impact on the biosphere and human. Moscow: Nauka.

- Yablokov, A.V. (1988). Pesticides , environment, and agriculture. *Communist*. 15, 34-42.
- Yablokov, A.V. (1990). Poisonous spice. In Problems of application of pesticides and ways of greening of agriculture. Moscow: Mysl.
- Barrett, G.W. (1968). The effects of an acute insecticide stress on a semienclosed grassland ecosystem. *Ecology*. 49 (6), 1019-1035.
- Bartlett, B.R., Ewart, W.H. (1971). Effect of two acute stress on the arthropod component of an experimental grassland ecosystem. *Ecology*. 52, 597-605.
- Croft, B. (1982). Arthropod resistance to insecticides: A key to pest control failures and successes in North American apple orchards. *Entomol. Experim. Appl.* 31 (2), P. 88-110.
- Pruszycki, S. (2006). The development of integrated plant protection in Poland. *Proc. Intern. Sc. Conf. Integrated Protection of Plants. Problems and Scopes*. Kiev.
- Shelford, V. (1912). Ecological succession. *V. Biol. Bull. Marike Biol. Labor.* Woodshole Mass. 23, 3-4.
- Wysoki, M. (1996). Problems and trends of agricultural entomology at the end of the 2nd millennium. *XX Int. Congr. of Entomol. Proceedings*.

Поступила в редакцию 22.06.2013

**Как цитировать:**

Сумароков, А.М., Жуков, А.В. (2013). Показатель восстановления биотического потенциала агроэкосистем при уменьшении пестицидных нагрузок. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*, 9 (3), 83-108. **crossref**
[http://dx.doi.org/10.7905/bbmstu.v0i3\(6\).543](http://dx.doi.org/10.7905/bbmstu.v0i3(6).543)

© Сумароков, Жуков, 2013

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).