

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНСЕКТИЦИДОВ, РЕКОМЕНДОВАННЫХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ОТ ЛУГОВОГО МОТЫЛЬКА (*PYRAUSTA STICTICALIS* L.)

Александр Иванович Илларионов, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и защиты растений

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.1.35

Целью работы является оценка потенциальной и реальной экологической опасности, а также биологической и экономической эффективности инсектицидов, рекомендованных для защиты сахарной свеклы от гусениц лугового мотылька. Методом анализа физико-химических и токсикологических свойств инсектицидов установлено, что по показателям стойкости в почве, летучести, токсичности для теплокровных, птиц, рыб, медоносной пчелы, почвенных червей и водных беспозвоночных выявлены инсектициды с близкими параметрами – *диметоат*, *дельтаметрин* и *имidakлоприд*, представляющие наименьшую потенциальную опасность для объектов окружающей среды и нецелевых организмов. В реальной ситуации независимо от вида инсектицида уровень содержания его действующего вещества в каждом слое почвы зависит не только от рекомендуемых норм применения, но и величины потери токсикантов при их применении. Методом расчета установлен уровень содержания действующего вещества инсектицидов в 5 и 10 см слое почвы. Он находится в прямой зависимости от роста величины потерь препарата. Показано, что применение большинства инсектицидов для защиты сахарной свеклы от лугового мотылька сопровождается поступлением в почву в количествах ниже уровня их ПДК. Применение *зета-циперметрина* создает концентрацию токсиканта выше уровня ПДК только в 5 см слое почвы, а при применении препаратов на основе *циперметрина* и *хлорпирифоса* образующиеся массы токсикантов превышают величины их ПДК в 5 и 10 см слое почвы. Рассчитана продолжительность деградации массы действующего вещества инсектицидов в почве до уровня ПДК. По уровню экологической опасности, биологической и экономической эффективности комбинированный препарат Борей, СК (150 + 50 г/л) в сочетании с длительным сроком защитного действия дает этому препарату существенное преимущество в использовании для защиты сахарной свеклы от лугового мотылька.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: луговой мотылек, инсектициды, сахарная свекла, потенциальная и реальная экологическая опасность инсектицидов.

The objective of this study was to estimate the potential and real environmental hazards, as well as biological and economic efficiency of insecticides recommended for sugar beet protection from caterpillars of meadow moth. Using the method of analyzing physico-chemical and toxicological properties of insecticides it was found that by the persistence in soil, volatility, toxicity to mammals, birds, fish, honey bees, soil worms and aquatic invertebrates insecticides with similar parameters – dimethoate, deltamethrin and imidacloprid – present the lowest potential hazard to the environmental objects and non-target organisms. In real situations regardless of the type of insecticide the content of its active substance in each soil layer depends not only on the recommended rates of application, but also on the amount of losses of toxicants during their application. Using the method of calculation the author determined the level of active substance of insecticides in 5 and 10 cm soil layers. It is directly proportional to the increase in the amount of losses of the drug. It was shown that the use of the majority of insecticides for sugar beet protection from meadow moth is accompanied by their penetration into the soil in quantities below their MACs. The use of zeta-cypermethrin creates the concentration of toxicant above MAC only in the 5 cm soil layer, while for cypermethrin- and chlorpyrifos-based drugs their MAC is exceeded in the 5 and 10 cm soil layers. The author has determined the duration of degradation of active substance of insecticides in the soil to the level of MAC. In terms of environmental hazards and biological and economic efficiency a combined preparation Borey in the form of suspension concentrate (150 + 50 g/L) in addition to its long-term protective effect provides significant advantages when applied for sugar beet protection from meadow moth.

KEY WORDS: meadow moth, insecticides, sugar beet, potential and real environmental hazards of insecticides.

Введение
Луговой мотылек (*Pyrausta sticticalis* L.) в настоящее время – один из самых опасных и широко распространенных вредителей сельскохозяйственных культур. Вы-

сокая плодовитость, многоядность, периодичность вспышек массового размножения и способность к миграции делают нанесение им хозяйственно ощутимых потерь урожаев на значительных площадях. Из культурных растений наиболее сильно повреждает сахарную свеклу, подсолнечник, многолетние бобовые травы, горох, коноплю, кукурузу, овощные и бахчевые растения [9].

Эффективное ограничение роста численности лугового мотылька, а следовательно, и его вредоносности культурным растениям достигается только при биологически обоснованном сочетании всех методов защиты и последовательности их выполнения [1]. Не умаляя значение агротехнических и биологических приемов и средств, тем не менее, следует отметить, что они не обеспечивают надежную защиту посевов культур от фитофага. Поэтому основным и во многих случаях решающим методом ограничения численности и вредоносности лугового мотылька в настоящее время все-таки остаётся химический метод.

В Воронежской области в последние годы наблюдается рост площадей сельскохозяйственных культур, на которых осуществляются защитные мероприятия против лугового мотылька с помощью инсектицидов. Если в 2011 г. обработки инсектицидами были применены на площади 15,7 тыс. га [11], в 2012 г. уже было обработано 110,1 тыс. га [12], в 2013 г. – 114,7 [13], а в 2014 г. инсектициды применялись на площади 175,2 тыс. га [14]. Для ограничения вредоносности фитофага разрешено применение химических средств из различных классов соединений способом опрыскивания растений в период вегетации. Вместе с тем проблема их эффективности и экологической опасности остается актуальной.

Для оценки потенциальной и реальной экологической опасности использованы только инсектициды, зарегистрированные в каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенные для применения на территории Российской Федерации в 2015 г. [8] для ограничения численности и вредоносности лугового мотылька. Используются также данные о физико-химических и токсикологических свойствах действующих веществ этих инсектицидов [4]. Оценку начального содержания инсектицидов в почве рассчитывали как отношение произведения нормы применения действующего вещества инсектицида в мг/га на величину доли потерь токсиканта к массе соответствующего слоя почвы в кг/га [2]. Для пахотного слоя объемную плотность почвы принимали равной 1200 кг/м³.

Содержание остаточных количеств инсектицидов в почве в каждый момент времени после обработки, а также время деградации массы действующего вещества инсектицидов в почве до уровня ПДК (предельно допустимая концентрация) рассчитывали, используя уравнение кинетики 1-го порядка [10].

$$C(t) = C_0 \cdot e^{-kt},$$

где $C(t)$ – текущее содержание инсектицида в почве, мг/кг;

C_0 – исходное содержание пестицида в почве, мг/кг;

e – основание натурального логарифма;

t – время после обработки, сутки;

k – константа скорости деструкции инсектицидов в почве, сутки⁻¹.

Результаты исследований

Для защиты сахарной свеклы от лугового мотылька в настоящее время зарегистрировано 7 действующих веществ инсектицидов [8], которые относятся к различным классам химических соединений [4]. Фосфорорганические соединения представлены препаратами на основе *хлорпирифоса*, синтетические пиретроиды – препаратами на основе *альфа-циперметрина*, *дельтаметрина*, *зета-циперметрина*, *лямбда-цигалотрина* и *циперметрина*. Препарат на основе *имидаклорида* представляет неоникотиноидную группу гетероциклических соединений. Рекомендованы и комбинированные препараты. Один из них на основе представителя фосфорорганических соединений – *диметоата* и пиретроидного соединения – *бета-циперметрина*. Второй препарат на основе *имидаклоприда*, представляющего неоникотиноидную группу веществ и *лямбда-цигалотрина* из группы синтетических пиретроидов.

Поскольку разрешено применение препаратов для защиты культуры от фитофага из различных классов химических соединений, а следовательно, отличающихся между собой физико-химическими и токсикологическими свойствами, то для выбора инсектицида с целью использования возникает вопрос о преимуществах и недостатках каждого из них. Решение этой задачи в настоящее время возможно только на основе использования объективной информации, позволяющей сделать сравнительный анализ важнейших эколого-токсикологических свойств, количественных критериев и регламентов по каждому рекомендованному инсектициду.

Первым шагом в сравнительной оценке инсектицидов явились критерии, характеризующие экологическую опасность токсиканта. Под экологической опасностью пестицида обычно понимается его способность оказывать неблагоприятное воздействие на нецелевые организмы и загрязнять окружающую среду. Различают потенциальную и реальную экологическую опасность химического вещества. Потенциальную экологическую опасность определяли по классификациям поведения пестицида в окружающей среде и его экотоксичности. Сводные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Критерии потенциальной экологической опасности инсектицидов

Названия действующих веществ инсектицидов	Стойкость в почве (ДТ ₅₀), сут.	Летучесть при 25°С, МПа	Токсичность				
			Млекопитающие СД ₅₀ , мг/кг	Птицы СД ₅₀ , мг/кг	Рыбы СК ₅₀ , мг/л	Медоносная пчела СД ₅₀ , мкг/особь	Почвенные черви СК ₅₀ , мг/кг
Фосфорорганические соединения							
Диметоат	7,2	0,247	245	10,5	30,2	0,14	31,0
Хлорпирифос	21,0	1,43	66	13,3	0,0013	0,027	129
Синтетические пиретроиды							
Альфа-циперметрин	35,0	0,00034	57	>2025	0,0028	0,017	>100
Бета-циперметрин	10,0	1,8·10 ⁻⁰⁴	166	5000	0,0214	0,002	-
Дельтаметрин	21,0	0,0000124	87	>2250	0,0003	0,023	>1290
Зета-циперметрин	10,0	2,53·10 ⁻⁰⁴	86	>5124	0,0007	0,002	37,5
Лямбда-цигалотрин	25	0,0002	20,0	>3950	0,0002	0,025	>1000
Циперметрин	69	0,00023	287	>10000	0,003	0,041	>100
Неоникотиноиды							
Имидаклоприд	174	4,0·10 ⁻⁰⁷	131	31	211	0,009	10,7

Концентрации инсектицида в объектах окружающей среды определяются не только его нормой применения, но способностью сохраняться (стойкостью) в конкретных объектах окружающей среды, а также способностью токсиканта переходить в другие среды.

Анализ данных таблицы 1 позволяет констатировать, что инсектициды, разрешенные для защиты сахарной свеклы от лугового мотылька, существенно отличаются между собой по основным критериям потенциальной экологической опасности.

Хлорпирифос неустойчив в нейтральной, кислой и щелочной средах, *зета-циперметрин* – в нейтральной и щелочной средах, а *диметоат*, *лямбда-цигалотрин*, *дельтаметрин*, *бета-циперметрин* устойчивы в кислой и нейтральной среде, но при рН выше 7 проявляют неустойчивость в почве. Период их полураспада в почве (ДТ₅₀) не превышает 25 сут.

Альфа-циперметрин и *циперметрин* устойчивы в кислой и нейтральной среде и неустойчивы при рН выше 7. Классифицируются уже как среднеустойчивые в почве соединения. Показатель периода их полураспада (ДТ₅₀) составляет соответственно 35 и 69 сут.

И наконец, *имidakлоприд* очень устойчив к водному гидролизу, при pH от 5 до 9 достаточно длительное время может сохраняться в почве. Период его полураспада в этом субстрате (DT_{50}) составляет 174 сут. По показателю летучести только *имidakлоприд* оценивается как нелетучее соединение. Все остальные инсектициды летучие и тем самым способны создавать опасные концентрации в воздухе рабочей зоны.

Очень важным критерием экологической опасности инсектицидов является их токсичность для нецелевых организмов. По этому критерию для млекопитающих оцениваются как высокотоксичные, а следовательно, и наиболее опасные – *хлорпирифос*, *альфа-циперметрин*, *дельтаметрин*, *зета-циперметрин*, *лямбда-цигалотрин*, величина CD_{50} которых находится в пределах от 20 до 87 мг/кг. Остальные инсектициды с величиной CD_{50} от 131 до 245 мг/кг характеризуются как умеренно токсичные, а поэтому менее опасные.

Токсикологические параметры инсектицидов для птиц дают основание характеризовать всех представителей синтетических пиретроидов как низкотоксичные, а фосфорорганические и неоникотиноидные соединения напротив высокотоксичные.

Параметры $СК_{50}$ для рыб, как правило, не превышают сотых и тысячных долей мг/л и позволяют оценивать их как высокотоксичные и только *диметоат* проявляет умеренную, а *имidakлоприд* – низкую токсичность.

В отношении медоносной пчелы все рассматриваемые инсектициды при аппликации токсиканта на покровы насекомых оцениваются как высокотоксичные.

Умеренно токсичны инсектициды для почвенных червей.

Высокотоксичными являются большинство инсектицидов для водных беспозвоночных. Исключение составляют *диметоат* и *имidakлоприд*, токсичность которых оценивается как умеренная.

Таким образом, по количеству показателей максимального и минимального значения каждого класса инсектициды можно расположить в ряд в порядке возрастания потенциальной экологической опасности: *диметоат* = *дельтаметрин* = *имidakлоприд* < *бета-циперметрин* = *циперметрин* < *альфа-циперметрин* = *зета-циперметрин* = *лямбда-цигалотрин* < *хлорпирифос*. Следовательно, уже на этапе оценки потенциальной экологической опасности инсектицидов выявлены инсектициды с близкими параметрами – *диметоат*, *дельтаметрин* и *имidakлоприд*, представляющие наименьшую опасность для объектов окружающей среды и нецелевых организмов.

Вместе с тем критерии потенциальной опасности, давая общее представление об опасности того или иного инсектицида, все-таки не характеризуют ее полностью, поскольку они не отвечают на другие весьма важные вопросы. И это понятно, ведь в этих критериях не находят отражения все многообразие факторов, которые определяют поведение нецелевых организмов и химических препаратов в агроценозе. Наряду с начальной токсичностью соединения, выявленной в лабораторных исследованиях, ход и степень взаимодействия, а следовательно, и возможность интоксикации нецелевых организмов в полевых условиях определяются другими не менее важными факторами.

Проявление потенциальной экологической опасности инсектицидов в реальной ситуации является функцией двух факторов: количественного содержания токсиканта, доступного для нецелевого вида в агроценозе, и эффекта токсичности. Чем больше вносится инсектицида в агроценоз, где обитает нецелевой вид, и чем токсичнее он для этих видов, тем токсикант опаснее.

Выявление уровней количественного содержания инсектицидов в основных компонентах окружающей среды является приоритетной при определении их реальной экологической опасности. В этом плане достаточно контрастными препараты выглядят по критерию нормы применения действующего вещества инсектицида, расходуемого для защиты 1 га культуры (табл. 2).

Как при минимальной, так и максимальной норме применения инсектицида наименьшую химическую нагрузку на агроценоз сахарной свеклы, а следовательно, и более

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

выгодным в экологическом отношении является применение *дельтаметрина* в форме препаратов Децис Профи, ВДГ (250 г/кг) и Атом, КЭ (25 г/л). Несколько большую, но в равной степени между собой эту нагрузку на агроценоз оказывает *лямбда-цигалотрин* в форме препаратов: Брейк, МЭ (100 г/л), Каратошанс, КЭ (50 г/л) и Кайзо, ВГ (50 г/л). Существенно отличаются по этому показателю от предыдущих инсектицидов *альфа-циперметрин* в форме препарата Цепеллин, КЭ (100 г/л), комбинированный инсектицид на основе *имидаклоприда* и *лямбда-цигалотрина* в форме препарата Борей, СК (150 + 50 г/л), *имидаклоприд* в форме препарата Имидор, ВРК (200 г/л), *циперметрин* в форме препарата Шарпей, МЭ (250 г/л), *зета-циперметрин* в форме препарата Тарзан, ВЭ (100 г/л), и комбинированный инсектицид на основе *диметоата* и *бета-циперметрина* в форме препарата Кинфос, КЭ (300+40 г/л).

Таблица 2. Нормы применения и возможное содержание инсектицидов в почве

Названия препаратов и их форм	Препарат, л/га	Действующее вещество, кг/га
<i>Хлорпирифос</i>		
Хлорпирифос, КЭ (480 г/л)	1,5-2,0	0,72-0,96
Сайрен, КЭ (480 г/л)		
Дурсбан, КЭ (480 г/л)		
Пиринекс, КЭ (480 г/л)		
<i>Альфа-циперметрин</i>		
Цепеллин, КЭ (100 г/л)	0,1-0,15	0,01-0,015
<i>Дельтаметрин</i>		
Децис Профи, ВДГ (250 г/кг)	0,025-0,05	0,00625-0,0125
Атом, КЭ (25 г/л)	0,25-0,5	
<i>Зета-циперметрин</i>		
Тарзан, ВЭ (100 г/л)	0,25-0,4	0,025-0,04
<i>Лямбда-цигалотрин</i>		
Брейк, МЭ (100 г/л)	0,07-0,1	0,007-0,01
Каратошанс, КЭ (50 г/л)	0,15-0,2	0,0075-0,01
Кайзо, ВГ (50 г/л)		
<i>Циперметрин</i>		
Шарпей, МЭ (250 г/л)	0,2	0,05
<i>Имидаклоприд</i>		
Имидор, ВРК (200 г/л)	0,15	0,03
<i>Диметоат + бета-циперметрин</i>		
Кинфос, КЭ (300+40 г/л)	0,25-0,4	0,085-0,136
<i>Диметоат</i>		0,0565-0,0907
<i>Бета-циперметрин</i>		0,0285-0,0453
<i>Имидаклоприд + лямбда-цигалотрин</i>		
Борей, СК (150 + 50 г/л)	0,1-0,12	0,02-0,024
<i>Имидаклоприд</i>		0,015-0,018
<i>Лямбда-цигалотрин</i>		0,005-0,006

Максимальную норму применения действующего вещества на единицу площади из всех рекомендуемых инсектицидов имеет хлорпирифос в форме препаратов: Хлорпирифос, КЭ (480 г/л), Сайрен, КЭ (480 г/л), Дурсбан, КЭ (480 г/л), Пиринекс, КЭ (480 г/л). Поэтому он заметно уступает в этом отношении практически всем инсектицидам. Аналогичная закономерность наблюдается и при ранжировании инсектицидов по показателям возможного содержания действующего вещества токсикантов в почве.

Известно, что при применении инсектицидов способом опрыскивания растений в период вегетации потери препарата могут достигать от 30 до 50% [15] и более [7]. В этом случае значительная доля инсектицида попадает на почву. Защита сахарной свеклы от лугового мотылька с помощью инсектицидов осуществляется на достаточно ранних фазах развития куль-

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

туры, начиная с двух настоящих листьев, когда у растений небольшая проекционная площадь листовой поверхности. В этой связи потери препарата могут быть 50% и более. При условии, что доля инсектицида, попадающего на растения сахарной свеклы в ранние фазы её развития, составляет от 25 до 50% от нормы применения, следовательно, потери составят соответственно 75 и 50%. Исходя из этого условия рассчитаны показатели возможного содержания действующего вещества инсектицидов в 5 и 10 см слое почвы.

Анализ полученных данных (табл. 3) позволяет констатировать, что независимо от вида инсектицида уровень содержания его действующего вещества в каждом слое почвы зависит не только от рекомендуемых норм применения, но и величины потери токсикантов при их применении.

Таблица 3. Возможное содержание инсектицидов в почве при различных вариантах потерь препаратов*

Названия препаратов и их форм	Содержание действующего вещества инсектицидов в слое почвы, мг/кг		ПДК инсектицидов в почве, мг/кг
	5 см	10 см	
<i>Хлорпирифос</i>			
Хлорпирифос, КЭ (480 г/л)	0,6-0,8 0,9-1,2	0,3-0,4 0,45-0,6	0,2
Сайрен, КЭ (480 г/л)			
Дурсбан, КЭ (480 г/л)			
Пиринекс, КЭ (480 г/л)			
<i>Альфа-циперметрин</i>			
Цепеллин, КЭ (100 г/л)	0,0083-0,0125 0,0125-0,0188	0,004-0,0062 0,006-0,009	0,02
<i>Дельтаметрин</i>			
Децис Профи, ВДГ (250 г/кг)	0,0052-0,0104 0,0078-0,0156	0,0026-0,005 0,0039-0,008	0,01
Атом, КЭ (25 г/л)			
<i>Зета-циперметрин</i>			
Тарзан, ВЭ (100 г/л)	0,021-0,033 0,031-0,50	0,010-0,0167 0,0156-0,025	0,02
<i>Лямбда-цигалотрин</i>			
Брейк, МЭ (100 г/л)	0,0088-0,0125 0,0094-0,0125	0,004-0,006 0,0047-0,006	0,05
Каратошанс, КЭ (50 г/л)			
Кайзо, ВГ (50 г/л)			
<i>Циперметрин</i>			
Шарпей, МЭ (250 г/л)	0,0417 0,0625	0,0208 0,0312	0,02
<i>Имидаклоприд</i>			
Имидор, ВРК (200 г/л)	0,025 0,0375	0,0125 0,01875	0,04
<i>Диметоат + бета-циперметрин</i>			
Кинфос, КЭ (300+40 г/л)	0,0708-0,1133 0,1062-0,170	0,035-0,0567 0,0531-0,085	-
<i>Диметоат</i>	0,0471-0,0756 0,0706-0,1134	0,023-0,0378 0,035-0,057	0,1
<i>Бета-циперметрин</i>	0,0237-0,0377 0,0356-0,0566	0,012-0,019 0,018-0,028	0,02
<i>Имидаклоприд + лямбда-цигалотрин</i>			
Борей, СК (150 + 50 г/л)	0,0167-0,02 0,0250-0,030	0,0083-0,01 0,0125-0,015	0,04
<i>Имидаклоприд</i>	0,0125-0,015 0,0187-0,0225	0,006-0,007 0,009-0,011	
<i>Лямбда-цигалотрин</i>	0,004-0,005 0,0062-0,0075	0,002-0,0025 0,0031-0,004	

* – данные над чертой – содержание инсектицида в почве при потере 50% инсектицида, под чертой – при 75%

Уровень содержания действующего вещества инсектицидов в каждом слое почвы находится в прямой зависимости от роста величины потерь препарата. Наиболее высокий показатель содержания действующего вещества инсектицидов возможен в 5 см слое, тогда как в 10 см слое он снижается в два раза. Однако полученные данные становятся более информативными при сопоставлении их с существующими нормативными показателями, и прежде всего с величинами предельно допустимых концентраций инсектицидов (ПДК) в почве.

Сравнительная оценка полученных данных показала, что использование *лямбда-цигалотрина* в форме препаратов Брейк, МЭ (100 г/л), Каратошанс, КЭ (50 г/л) и Кайзо, ВГ (50 г/л), *альфа-циперметрина* в форме препарата Цепеллин, КЭ (100 г/л), *дельтаметрина* в форме препаратов Децис Профи, ВДГ (250 г/кг) и Атом, КЭ (25 г/л), *имidakлоприда* в форме препарата Имидор, ВРК (200 г/л), а также комбинированных препаратов на основе *диметоата с бета-циперметрином* в форме препарата Кинфос, КЭ (300+40 г/л), *имidakлоприда с лямбда-цигалотрином* в форме препарата Борей, СК (150 + 50 г/л) в рекомендуемых нормах применения для защиты культуры от лугового мотылька сопровождается поступлением инсектицидов в почву в количествах, гораздо меньших, чем уровень их ПДК. Защита растений сахарной свеклы *зета-циперметрином* в форме препарата Тарзан, ВЭ (100 г/л) в пределах рекомендованных норм применения создает концентрацию токсиканта, превышающую уровень ПДК только в 5 см слое почвы. Использование *циперметрина* в форме препарата Шарпей, МЭ (250 г/л) и *хлорпирифоса* в форме препаратов Хлорпирифос, КЭ (480 г/л), Сайрен, КЭ (480 г/л), Дурсбан, КЭ (480 г/л) и Пиринекс, КЭ (480 г/л) имеет результатом отложение масс токсикантов в 5 и 10 см слоях почвы, существенно превышающих их величины ПДК.

Вместе с тем масса токсиканта, поступившего в почву, не остается неизменной. Инсектицид, попадая в почву, вступает во взаимодействие с различными ее компонентами и подвергается: перемещению по почвенному профилю в вертикальном и горизонтальном направлениях, сорбции глинистыми минералами и гумусовыми веществами почвы, гидролизу, фотолизу, окислению и микробиологической деградации, поглощению и метаболизму растениями [6]. В результате этих необратимых процессов масса токсиканта в почве снижается. При всех прочих равных условиях темпы снижения массы инсектицидов определяются их физико-химическими свойствами. В таблице 4 представлены данные динамики содержания действующих веществ в различных по глубине слоях почвы, с течением времени только тех инсектицидов, начальная концентрации которых приближалась или превышала уровень ПДК.

Таблица 4. Динамика деградации инсектицидов в почве*

Содержание действующего вещества инсектицидов в различных по глубине слоях почвы, мг/кг					
5 см			10 см		
Сутки					
30	60	90	30	60	90
<i>Хлорпирифос</i>					
<u>0,223-0,297</u> 0,334-0,446	<u>0,083-0,110</u> 0,124-0,166	<u>0,031-0,041</u> 0,046-0,062	<u>0,111-0,149</u> 0,167-0,223	<u>0,041-0,055</u> 0,062-0,083	<u>0,015-0,021</u> 0,023-0,031
<i>Зета-циперметрин</i>					
<u>0,003-0,004</u> 0,013-0,021	-	-	-	-	-
<i>Циперметрин</i>					
<u>0,031</u> 0,046	<u>0,023</u> 0,034	<u>0,017</u> 0,025	<u>0,015</u> 0,023	<u>0,011</u> 0,017	<u>0,008</u> 0,013
<i>Имidakлоприд</i>					
-	-	-	-	-	<u>0,009</u> -
0,033	0,029	0,026	-	-	-

* – данные над чертой – содержание инсектицида в почве при потере 50% инсектицида, а под чертой – при 75%

Инсектициды достаточно контрастны по темпам их деградации в почве. Так, если содержание действующего вещества препаратов на основе *хлорпирифоса* снижается темпами 36,5-37%, то *циперметрина* – 72-74, *имidakлоприда* – 88-89%. Уровень *зета-циперметрина* в течение 30 суток снизился до сотых долей мг/кг почвы.

Данные относительно продолжительности деградации массы действующего вещества инсектицидов в почве до уровня ПДК представлены в таблице 5.

Таблица 5. Продолжительность деградации массы действующего вещества инсектицидов в почве до уровня ПДК, сут.*

Названия инсектицидов	Константы скорости деградации инсектицидов в почве, сут. ⁻¹	ПДК инсектицидов в почве, мг/кг	Слой почвы, см	
			5	10
Хлорпирифос	0,033	0,2	<u>33-42</u> 45-54	<u>12-21</u> 25-33
Зета-циперметрин	0,069	0,02	<u>18-25</u> 24-31	<u>8-15</u> 14-21
Циперметрин	0,01	0,02	<u>73,5</u> 113,9	<u>3,9</u> 44,5
Диметоат	0,096	0,1	- 1,3	-

* – данные над чертой – содержание инсектицида в почве при потере 50% инсектицида, а под чертой – при 75%

Содержание массы *диметоата* при максимальной норме применения и потере 75% инсектицида уже спустя чуть больше суток после внесения в агроценоз снижается до уровня ПДК. Аналогичный процесс *зета-циперметрина* в зависимости от нормы применения занимает в 5 см слое почвы 0,5-1,0 месяц, а в 10 см слое – 1-3 недели. Снижение массы действующего вещества препаратов на основе *хлорпирифоса* до уровня ПДК в слое почвы 5 см при различных уровнях потерь и нормах применения инсектицидов находится в пределах 1-2 месяцев, а в 10 см слое – 0,5-1,0 месяца.

Реальная экологическая опасность инсектицидов существенно отличается от потенциальной и в отношении медоносной пчелы. Исследованиями, выполненными в полевых условиях, показано, что контакт пчел-сборщиц с растениями, обработанными *диметоатом* или *хлорпирифосом*, вызывал гибель почти 20% этих насекомых в семьях. Эти инсектициды оцениваются как очень опасные для медоносной пчелы. В то же время гибель пчел-сборщиц с растений, обработанных высокотоксичными *циперметрином* или *дельтаметрином*, не превышала 3,5%, что характеризует их как малоопасные [5]. Высокотоксичный *имidakлоприд* уменьшал численность пчел-сборщиц, контактирующих с обработанными препаратом растениями, в семьях в зависимости от нормы его расхода на 3-5% [3].

Важнейшим критерием при выборе инсектицида, для ограничения численности и вредоносности такого весьма опасного фитофага, как луговой мотылек, является биологическая эффективность препарата. Рассматривая рекомендуемые инсектициды с точки зрения характера действия на насекомых, важно отметить, что они представлены препаратами контактно-кишечного действия. Такие свойства инсектицидов обеспечивают высокую гибель гусениц лугового мотылька при попадании препарата на покровы тела, контакте с обработанной препаратом поверхностью растений, а также при питании обработанными растениями. При этом препарат на основе *имidakлоприда*, а также комбинированные препараты Борей, СК (150 + 50 г/л) на основе *имidakлоприда* и *лямбда-цигалотрина* и Кинфос, КЭ (300 + 40 г/л), на основе *диметоата* и *бета-циперметрина* проявляют системную активность. Однако существенных преимуществ они не имеют по сравнению с препаратами, которые не обладают аналогичными свойствами. Это обусловлено тем, что гусеницы лугового мотылька питаются открыто на растениях.

Более значимыми свойствами инсектицидов и даже определяющими уровень биологической эффективности токсиканта являются период его защитного эффекта культуры от фитофага и зависимость токсической активности препарата от температуры воздуха. Инсектициды на основе *имidakлоприда* – Имидор, ВРК (200 г/л) и комбинированный препарат Борей, СК (150 + 50 г/л) на основе *имidakлоприда* и *лямбда-цигалотрина* способны надежно защищать обработанные ими растения до 28 суток. Все другие препараты практически имеют равные величины этого критерия, который не превышает 10-15 суток и, таким образом, уступают по продолжительности защитного эффекта. Растянutosть откладки яиц, а следовательно, и отрождение гусениц вызывает необходимость использования инсектицидов с более длительным периодом защитного действия. К тому же уровень биологической эффективности как представителей синтетических пиретроидов, так и фосфорорганических соединений находится в большой зависимости от температурного фактора, что совершенно не свойственно неоникотиноидам, в том числе и препаратам на основе *имidakлоприда* [4]. К тому же комбинированные препараты представляют собой смесь соединений на основе действующих веществ из разных химических классов. В таких препаратах действие одного соединения, как правило, суммируется с действием второго или даже усиливается его действием, т.е. проявляется соответственно аддитивный или синергетический эффект. Это приводит в итоге к повышению биологической эффективности препарата. Таким образом, препараты на основе *имidakлоприда*, в том числе и комбинированный, имеют преимущества по этим двум критериям.

По стоимости нормы препарата на 1 га наиболее экономичными являются такие препараты, как Цепеллин, КЭ (100 г/л), Шарпей, МЭ (250 г/л), Децис Профи, ВДГ (250 г/кг) и Борей, СК (150 + 50 г/л) (табл. 6).

Таблица 6. Стоимостные показатели инсектицидов против лугового мотылька

Названия препаратов	Цена инсектицида, руб./л	Стоимость нормы применения инсектицида, руб./га
<i>Хлорпирифос</i>		
Хлорпирифос, КЭ (480 г/л)	960	1440-1920
Сайрен, КЭ (480 г/л)		
Дурсбан, КЭ (480 г/л)		
Пиринекс, КЭ (480 г/л)		
<i>Альфа-циперметрин</i>		
Цепеллин, КЭ (100 г/л)	500	50-75
<i>Дельтаметрин</i>		
Децис Профи, ВДГ (250 г/кг)	4572	114-228
Атом, КЭ (25 г/л)	1122	280-561
<i>Зета-циперметрин</i>		
Тарзан, ВЭ (100 г/л)	1520	380-608
<i>Лямбда-цигалотрин</i>		
Брейк, МЭ (100 г/л)	2100	147-210
Каратошанс, КЭ (50 г/л)	2066	315-420
Кайзо, ВГ (50 г/л)		
<i>Циперметрин</i>		
Шарпей, МЭ (250 г/л)	590	118
<i>Имidakлоприд</i>		
Имидор, ВРК (200 г/л)	3852	577
<i>Диметоат + бета-циперметрин</i>		
Кинфос, КЭ (300+40 г/л)	1213	303-485
<i>Имidakлоприд + лямбда-цигалотрин</i>		
Борей, СК (150 + 50 г/л)	1266	126-152

Достаточно низкая стоимость нормы применения инсектицида Борей, СК (150 + 50 г/л) в сочетании с длительным сроком защитного действия дает этому препарату существенное преимущество в использовании для защиты сахарной свеклы от лугового мотылька.

Выводы

1. По критериям потенциальной экологической опасности инсектициды на основе *диметоата*, *дельтаметрина* и *имidakлоприда*, представляют наименьшую опасность для объектов окружающей среды и нецелевых организмов.

2. Показатели реальной экологической опасности инсектицидов уточняют критерии потенциальной опасности тех же токсикантов, а поэтому являются более информативными.

3. Сравнительно низкая стоимость нормы применения инсектицида Борей, СК (150 + 50 г/л) в сочетании с длительным сроком защитного действия, не зависящим от температурного фактора, дает этому препарату существенное преимущество в использовании для защиты сахарной свеклы от лугового мотылька.

Список литературы

1. Алехин В.Т. Луговой мотылек / В.Т. Алехин // Защита и карантин растений. – 2002. – № 6. – С. 48-71.
2. Горбатова Т.В. Оценка экологической опасности пестицидов / Т.В. Горбатова, А.В. Калинин // Химический метод защиты растений. Состояние и перспективы повышения экологической безопасности : материалы международной науч.-практ. конф. 6-10 декабря 2004 г. – Санкт-Петербург : РАСХН, ВИЗР, 2004. – С. 71-74.
3. Илларионов А.И. Токсичность и степень опасности неоникотиноидов для медоносной пчелы / А.И. Илларионов, А.А. Деркач // Агрехимия. – 2008. – № 10. – С. 74-81.
4. Илларионов А.И. Химический метод защиты растений : учеб. пособие / А.И. Илларионов. – Воронеж : ВГАУ, 2014. – 259 с.
5. Илларионов А.И. Эколого-токсикологические основы охраны основных видов насекомых-опылителей от интоксикации инсектицидами: дис. ... д-ра биол. наук : 06.01.11 / А.И. Илларионов. – Воронеж, 1999. – 359 с.
6. Круглов Ю.В. Микрофлора почвы и пестициды / Ю.В. Круглов. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 128 с.
7. Основы химической защиты растений / С.Я. Попов, Л.А. Дорожкина, В.А. Калинин ; под ред. С.Я. Попова. – Москва : Арт-Лион, 2003. – 208 с.
8. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2015 год [справочное издание]. – Москва, 2015. – 720 с. Приложение к журналу «Защита и карантин растений». – 2015. – № 4.
9. Трибель С.А. Луговой мотылек / С.А. Трибель. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 64 с.
10. Физическая химия : учебник для студентов вузов : в 2 кн. / под ред. К.С. Краснова. Кн. 2: Электрохимия. Химическая кинетика и катализ / К.С. Краснов [и др.]. – Москва : Высшая школа, 2001. – 318 с.
11. Фитосанитарный прогноз появления и распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 2012 году и рекомендации по борьбе с ними / под ред. Н.Я. Кузнецова. – Воронеж : ФГБУ «Россельхозцентр» по Воронежской области, 2012. – 127 с.
12. Фитосанитарный прогноз появления и распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 2013 году и рекомендации по борьбе с ними / Под ред. Н.Я. Кузнецова. – Воронеж : ФГБУ «Россельхозцентр» по Воронежской области, 2013. – 143 с.
13. Фитосанитарный прогноз появления и распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 2014 году и рекомендации по борьбе с ними / Под ред. Н.Я. Кузнецова. – Воронеж : ФГБУ «Россельхозцентр» по Воронежской области, 2014. – 152 с.
14. Фитосанитарный прогноз появления и распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 2015 году и рекомендации по борьбе с ними / Под ред. Н.Я. Кузнецова. – Воронеж : ФГБУ «Россельхозцентр» по Воронежской области, 2015. – 185 с.
15. Химическая защита растений : учебник ; под ред. Г.С. Груздева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 415 с.