

Защита рапса от вредителей: «химия» или «биология»

М. А. Пазин✉, А. В. Пьяных

Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого, Кемерово, Россия

✉E-mail: mister.pazin@mail.ru

Аннотация. Цель работы – дать оценку химическим веществам, используемым на посевах рапса, и рассмотреть вред, наносимый ими по отношению к млекопитающим, пчелам и энтомофагам, а также привести примеры эффективного использования биологических мер борьбы с вредителями рапса. **Методы.** При написании обзорной статьи нами использовался один из основных методов – систематическое литературное обозрение, в рамках которого проводились поиск, отбор и анализ всех доступных трудов с целью получения максимально полного представления по заявленной проблематике и тематике. Также нами был применен метаанализ. **Научная новизна.** Для защиты от вредных объектов аграрии вынуждены использовать широкий спектр химических средств практически на всем протяжении вегетации рапса. Поэтому использование в земледелии биологических средств защиты становится все более актуальным. Рассмотрены результаты многолетних исследований российских и иностранных ученых о негативных последствиях применения средств защиты рапса от вредных насекомых и поиска альтернативы химическим инсектицидам. **Результаты.** Приведена малая часть исследований по последствиям воздействия инсектицидов, применяемых на рапсе, на организм человека и экологию в целом, что заставляет задуматься об альтернативном пути борьбы по снижению численности вредных насекомых. Доказана биологическая эффективность биоинсектицидов при обработке посевов рапса против рапсового цветоеда, капустной тли и моли. В природе существует немало растений, пригодных к использованию в качестве сырья для биопестицидов. Их применение стимулирует развитие растений и способствует привлечению пчел. Бинарные и краевые посевы рапса с эфиромасличными растениями-репеллентами показали свою эффективность против вредных объектов с увеличением доли в агроценозе полезных насекомых.

Ключевые слова: яровой рапс, вредители рапса, инсектициды, эфиромасличные репеллентные растения, биопестициды

Для цитирования: Пазин М. А., Пьяных А. В. Защита рапса от вредителей: «химия» или «биология» // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 06. С. 873–886. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-06-873-886>.

Дата поступления статьи: 15.01.2025, **дата рецензирования:** 04.03.2025, **дата принятия:** 03.04.2025.

Protecion of rape from pests: “Chemistry” or “Biology”

М. А. Pazin✉, А. V. Pyanykh

Kuzbass State Agrarian University named after V. N. Poletskov, Kemerovo, Russia

✉E-mail: mister.pazin@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to assess the chemicals used in rapeseed crops and the harm they cause to mammals, bees and entomophages, as well as to provide examples of the effective use of biological measures to combat rapeseed pests. **Methods.** When writing the review article, we used one of the main methods - a systematic literature review, which included a search, selection and analysis of all available works in order to obtain the most complete understanding of the stated problems and topics. We also used meta-analysis. **Scientific novelty.** To protect against harmful objects, farmers are forced to use a wide range of chemical pesticides almost throughout the entire vegetation period of rape. Therefore, the use of biological pesticides in agriculture is becoming increas-

ingly relevant. The article considers the results of many years of research by Russian and foreign scientists on the negative effects of using rapeseed pesticides and the search for an alternative to chemical insecticides. **Results.** A small part of the research on the effects of insecticides used on rapeseed on the human body and the environment as a whole is given, which makes us think about an alternative way to combat the reduction of harmful insects. The biological effectiveness of bioinsecticides in the treatment of rapeseed crops against the rape blossom beetle, cabbage aphid and moth has been proven. There are many plants in nature that can be used as raw materials for biopesticides. Their use stimulates plant development and helps attract bees. Binary and marginal crops of rapeseed with essential oil plants-repellents have shown their effectiveness against harmful objects with an increase in the share of beneficial insects in the agrocenosis.

Keywords: spring rape, rape pests, insecticides, essential oil repellent plants, biopesticides

For citation: Pazin M. A., Pyanykh A. V. Protection of rapeseed from pests: “Chemistry” or “Biology”. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (06): 873–886. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-06-873-886>. (In Russ.)

Date of paper submission: 15.01.2025, **date of review:** 04.03.2025, **date of acceptance:** 03.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Яровой рапс является одной из центральных культур в аграрном производстве благодаря своей универсальности и высокой продуктивности. Его семена содержат значительное количество питательных веществ: в пересчете на абсолютно сухое вещество – 45–48 % жира, 21–23 % белка, 6–7 % клетчатки и до 24–26 % безазотистых экстрактивных соединений, что делает рапс ценным как для производства масла, так и для кормления животных.

Подходящие условия для его роста, особенно в Сибирском федеральном округе, позволяют достигать рекордной урожайности зеленой массы (500–700 ц/га), что, в свою очередь, способствует обеспечению животных высококачественным кормом. Рапс также отлично выполняет функции улучшения структуры почвы, способствует ее насыщению органическими веществами и предотвращает эрозию, является прекрасным медоносом, не уступая в этом плане традиционной гречихе [1].

Научные работы в области переработки рапсовой соломы открыли новые горизонты, позволяя использовать отходы для получения активного угля, способствующего восстановлению экосистемы. Дополнительным экологическим положительным аспектом является выделение рапсом кислорода, что укрепляет его позиции как важной культуры для устойчивого развития сельского хозяйства. В течение вегетации 1 га рапса выделяет до 10 млн л кислорода, что в 1,5–2 раза больше, чем 1 га леса [2].

Однако значительное количество вредителей, угрожающих урожайности, требует применения интегрированных методов защиты, чтобы минимизировать потери и сохранить высокую продуктивность. Среднегодовая потеря урожая из-за вредителей составляет 13 %, что подчеркивает необходимость постоянного мониторинга и разработки новых подходов к защите растений.

Наиболее опасными насекомыми-вредителями во многих регионах являются крестоцветные

блошки, рапсовый цветоед, долгоносики, жуки, тля, стручковая мошка, капустная моль, капустная корневая муха. Повреждение ими является главенствующим фактором, снижающим урожайность масличного рапса. Надо признать, что без борьбы с вредителями аграриям обойтись невозможно, равно и то, что и без пчел и других опылителей нельзя получить урожай.

Комплекс агротехнических мероприятий по борьбе с вредителями рапса, предусматривающий соблюдение севооборотов, обработку почвы, использование устойчивых сортов и т. д., на сегодняшний день, на наш взгляд, неэффективен. К сожалению, успех борьбы пока в значительной степени зависит от применяемых химических средств борьбы (инсектицидов) [3].

Методология и методы исследования (Methods)

Проведен оценочный обзор литературы исследований российских и зарубежных авторов из баз платформ Национальной электронной библиотеки (НЭБ), eLibrary, КиберЛенинка, PubMed, RSCI, AGRIS, Web of Science.

Результаты (Results)

Сельскохозяйственная практика показывает, что в настоящее время основную угрозу для масличного рапса во всех регионах России представляют насекомые-вредители.

За последнюю пятилетку в РФ наблюдается увеличение площадей этой культуры. В 2020 году посевная площадь рапса в нашей стране составляла 1,488 млн га. В 2024 году она выросла до 2,7 млн га, увеличившись по сравнению с 2023 годом почти на 30 % (рис. 1) [4]. Практически вся площадь рапса (2,2 млн га) подвергается защитной инсектицидной обработке.

Вредоносность насекомых в посевах рапса зависит от сложившихся климатических условий. В среднем потери урожая достигают 30–40 %. При благоприятных условиях для размножения и развития насекомых потери урожайности могут быть

100 %. Учеными выявлено в общей сложности около 50 вредителей отечественного рапса, из них 30 наносят экономический ущерб. Несмотря на это, рапс является высокомаржинальной культурой: по оценке аграриев, финансовые затраты покрываются при урожае рапса 1,5 т/га.

Результаты многолетних наблюдений показали, что растения рапса ярового в течение вегетации повреждают представители семи отрядов членистоногих: жесткокрылые или жуки (Coleoptera), – крестоцветные блошки, рапсовый цветоед, рапсовый семенной скрытнохоботник, скрытнохоботник стеблевой капустный и другие; двукрылые (Diptera) – галлица капустная; полужесткокрылые, или клопы (Hemiptera), – рапсовый клоп; перепончатокрылые (Hymenoptera) – рапсовый пилильщик; равнокрылые (Homoptera) – тля капустная; чешуекрылые (Lepidoptera) – капустная моль, капустная совка, репная белянка, капустная белянка; трипсы (Thysanoptera) (рис. 2) [5].

При возделывании рапса используют большое количество средств химической защиты от вредных объектов (сорные растения, вредители, болезни), что приводит к загрязнению окружающей среды, нарушению экологического равновесия, гибели полезных насекомых и пчел.

Сегодня на посевах рапса в России разрешены к применению 26 действующих веществ (д. в.), из которых 70 % относятся к классам пиретроидов, неоникотиноидов и фосфорорганических соединений (ФОС). Остальные 30 % д. в. – оксадиазины, ювеноиды и др. – менее распространены, но не менее важны в системе защиты рапса. Большинство препаратов опасно для пчел. Из всего перечня инсектицидов, разрешенных к применению на рапсе, существует всего несколько инсектицидов 3-го класса опасности для пчел: «Пленум», ВДГ на основе пиметрозины, «Апекс», МКЭ на основе пирпроксифена, «Медоуз», МД на основе ацетамиприда, «Пондус», КС, «Биская», МД на основе тиаклоприда, «Герольд» на основе дифлубензулона, «Гринда», РП и «Альфа-Амиприд», РП на основе ацетамиприда.

Количество только инсектицидных обработок на яровом рапсе составляет три и более. Это объясняется тем, что риск повреждений посевов сохраняется практически от всходов до конца вегетации (таблица 1). Причем препараты необходимо чередовать с разными действующими веществами во избежание появления устойчивых к действующему веществу популяций вредителей. К примеру, компания «Август» предлагает для защиты только от капустной моли (вдумайтесь!) трехкратную обработку различными инсектицидами.

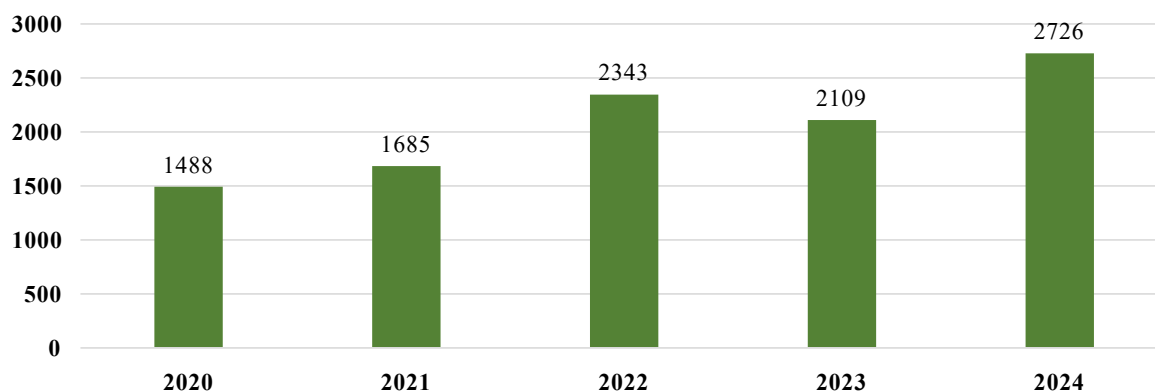


Рис. 1. Посевная площадь рапса (в том числе озимого) в РФ, тыс. га

Fig. 1. Sown area of rapeseed (including winter rapeseed) in the Russian Federation, thousand hectares

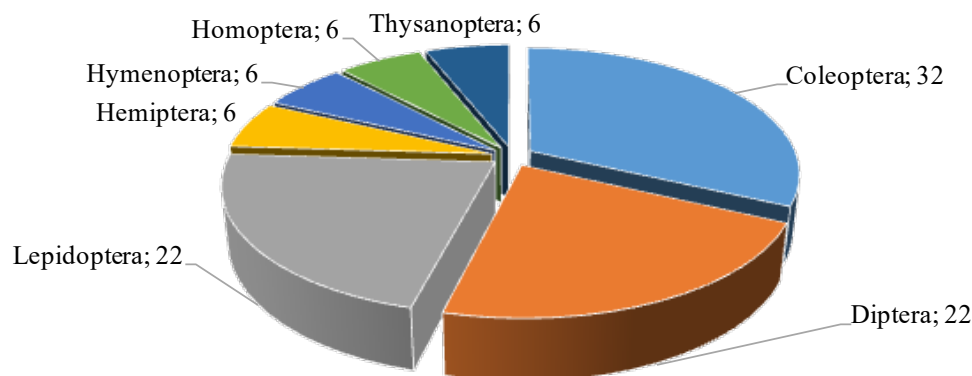


Рис. 2. Соотношение основных вредителей ярового рапса

Fig. 2. The ratio of the main pests of spring rape

Таблица 1

Время появления основных вредителей рапса

Агротехнологии	Фазы роста								
	Прорастание								
	Всходы	Крестоцветный пилильщик	Капустная моль	Рапсовая блошка					Рапсовый листоед
	Розетка								
	Ветвление				Большой рапсовый скрытнохоботник				
	Бутонизация					Рапсовый цветоед	Рапсовый семенной скрытнохоботник		
	Цветение							Стручковый капустный комарик	
	Образование стручков								
	Созревание								

Table 1

Time of appearance of the main pests of rapeseed

<i>Growth phases</i>									
<i>Germination</i>									
<i>Shoots</i>	<i>Athalia rosae</i>	<i>Plutella xylostella</i>	<i>Psylliodes chrysocephalus</i>						<i>Entomoscelis adonidis</i>
<i>Rosette</i>									
<i>Branching</i>				<i>Ceutorhynchus napi</i>					
<i>Budding</i>					<i>Meligethes aeneus</i>	<i>Ceutorhynchus assimilis</i>			
<i>Bloom</i>							<i>Dasineura brassicae</i>		
<i>Formation of pods</i>									
<i>Maturation</i>									

Согласно «Государственному каталогу пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» (по состоянию на 14 мая 2024 года) [6] на яровом рапсе разрешено к использованию 120 инсектицидов и 19 протравителей инсектицидного действия. Большинство препаратов (80,8 %) являются высокоопасными для пчел (I класс опасности), и только 15 % малоопасны (рис. 3).

На сегодняшний день в РФ наиболее распространенными классами химических веществ, применяемых для борьбы с вредителями рапса, являются синтетические пиретроиды, неоникотиноиды и фосфорорганические соединения (ФОС). Среди прочих классов присутствуют оксадазины, бензоилмочевины, диамиды и пиридин-азометины. Давайте кратко поговорим о каждой группе.

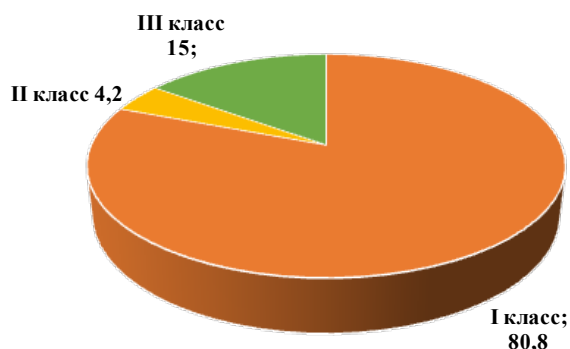


Рис. 3. Структура инсектицидов для рапса по классу опасности для пчел

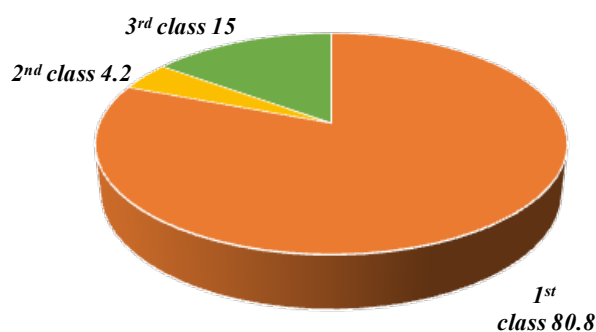


Fig. 3. Structure of insecticides for rapeseed according to hazard class for bees

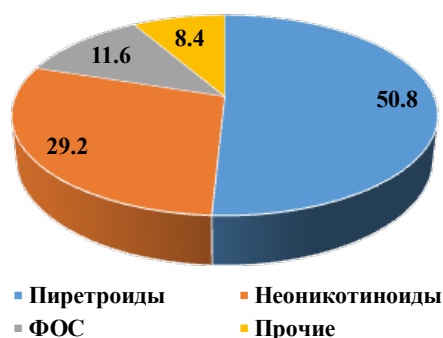


Рис. 4. Структура классов химических веществ инсектицидов, применяемых на яровом рапсе

Практически 50 % применяемых на рапсе химикатов составляют пиретроиды – это группа инсектицидов, синтетических аналогов природных пиретринов (рис. 4). В отличие от пиретринов синтетические пиретроиды не разлагаются на свету, малорастворимы в воде. Современные пиретроиды – это, как правило, препараты III поколения: перметрин, циперметрин и его изомеры (альфаметрин и зета-циперметрин, бета-циперметрин), сумицидин (фенвалерат и его изомер эсфенвалерат), бифентрин, цигалотрин и его изомер лямбда-цигалотрин, цифлутрин и т. д., обладающие высокой инсектицидной активностью и более фотоустойчивы, чем пиретроиды I и II поколений [7].

В организм насекомых и клещей пиретроиды попадают при непосредственном контакте или с потреблением пищи. Для насекомых это нейротоксические яды. А вот для теплокровных и человека пиретроиды не так опасны в отличие от инсектицидов других химических классов. Исключение из правил составляет дельтаметрин. О его влиянии на организм человека – чуть ниже.

Несмотря на кажущуюся экологическую безопасность, следует не допускать попадания этих веществ в водоемы, поскольку они очень опасны для рыб и водных беспозвоночных. Следует не забывать, что пиретроиды опасны не только для вредных, но и для полезных насекомых, в том числе пчел [8].

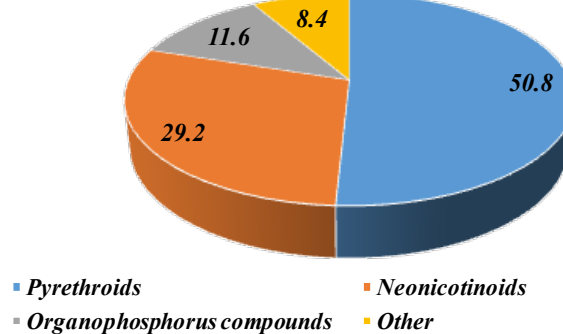


Fig. 4. Structure of classes of chemical substances of insecticides used on spring rape

Длительное применение синтетических пиретроидов вызывает у насекомых приобретенную устойчивость (групповую и перекрестную). Уровень резистентности может достигать 10 000, что означает, что для уничтожения резистентных по отношению к какому-нибудь инсектицидному веществу вредителей нужно использовать в 10 000 больше вещества в сравнении с обычными насекомыми.

Чтобы исключить у насекомых устойчивость к пиретроидам, препараты данной группы рекомендуется использовать лишь один раз за вегетацию. Перекрестная резистентность внутри группы не отмечается, с другими группами она отсутствует благодаря различным механизмам действия. Для снижения риска возникновения резистентности применяют комбинации препаратов из разных классов.

Неоникотиноиды представляют собой вторую по численности группу химических соединений (29,2 %), на основе которых созданы инсектициды нового поколения. В «Государственном каталоге...» этому классу принадлежат 35 препаратов, используемых на посевах рапса, состоящих из пяти действующих веществ: ацетамиприда, имидаклоприда, клотианидина, тиаклоприда и тиаметоксама. Необходимость применения неоникотиноидов возникла в ответ на развитие резистентности к синтетическим пиретроидам и фосфорорганическим соединениям. По своей структуре они напоминают природный инсектицид никотин, содержащийся в табаке.

Тиаклоприд представляет опасность для рыб, в то время как ацетамиприд, имидаклоприд и тиаклоприд опасны для птиц. Нитрозосодержащие неоникотиноиды крайне опасны для пчел, а цианосодержащие – умеренно. При соблюдении регламента применения неоникотиноиды не проникают через кожные покровы, максимум, что может быть, это умеренное раздражение глаз. Есть неподтвержденные сведения о канцерогенности тиаметоксама и тиаклоприда.

Отравление в быту неоникотиноидами не редкость, хотя их токсичность более выражена при пероральном поступлении, чем при ингаляционном. В этой связи вспоминается недавний (сентябрь 2024 года) нашумевший в СМИ трагический случай с семьей из Красноярского края, где погибли четверо детей, надышавшись парами дихлофоса. Правда, в том случае класс химического вещества был другой. Известно, что в высоких дозах имидаклоприд, являясь структурным аналогом никотина, активирует центральную нервную систему, что может вызывать тремор, проблемы со зрачками и гипотермию. В работах Л. К. Геруновой с соавторами выявлены морфологические изменения в щитовидной железе крыс при острой интоксикации моспиланом [9].

Фосфорорганические соединения (ФОС) представляют собой немногочисленную группу (11,6 %) химических веществ, применяемых на рапсе. Эти вещества основаны на пятивалентном фосфоре. Данные соединения используются на протяжении длительного времени в лесном и сельском хозяйстве, а также в животноводстве и быту, ворвавшись в сельскохозяйственное производство в 1965 году, заменив хлорсодержащие яды, такие как ДДТ и гексахлоран.

ФОС действуют как нервно-паралитические яды: при их воздействии у насекомых мышцы судорожно сокращаются, что приводит к параличу. На яйца насекомых ФОС оказывают слабое действие, в основном поражая взрослых особей, их нимф и личинок. При систематическом использовании против многопоточных вредителей быстро развивается устойчивость, что требует разнообразия инсектицидов.

Для окружающей природы ФОС не представляют значительной угрозы, так как разлагаются на нетоксичные соединения в течение месяца; исключение составляет хлорпирифос, который сохраняет свою активность в почве до двух лет и способен накапливаться в экосистеме. По токсичности паратион-метил, диазинон и хлорпирифос классифицируются как высокотоксичные, в то время как остальные вещества варьируются от средней до низкой токсичности. В водной среде ФОС нестабильны, но их токсичное действие может проявляться до полного распада.

Согласно критериям пероральной токсичности, такие вещества, как паратион-метил, диазинон, хлорпирифос и фозалон, классифицируются как высокотоксичные; в то время как пирифос-метил определяется как малотоксичное соединение. Остальные препараты, включая фенитротрион, малатион и диметоат, относятся к категории среднетоксичных [10].

Фосфорорганические инсектициды обладают низкой стабильностью в водной среде. Однако даже случайное попадание этих химикатов в водоемы, такие как реки и озера, может привести к токсическому воздействию на водные организмы до их полного распада. К примеру, диэтилдитиофосфат (DEDTP) – метаболит, образующийся в результате распада фосфорорганических пестицидов, – долгое время считался безвредным. Однако некоторые исследования выявили его токсичность для клеток человека. Результаты исследований предполагают, что DEDTP обладает генотоксичностью и иммунотоксичностью, несмотря на свою стабильность [11].

Механизм действия современных пестицидов, которые активно используют аграрии в процессе возделывания сельскохозяйственных культур, довольно сложный и требует детального анализа для уменьшения негативного воздействия на экологию и здоровье людей. На сегодняшний день существует большое количество исследований, посвященных тому, как пестициды взаимодействуют с человеческим организмом [12; 13]. Действующие вещества могут попадать в организм через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт и кожные покровы. В главной железе человека – печени, где протекает около 500 биохимических процессов, – пиретроиды подвергаются процессам окисления и гидролиза, в результате чего образуются глюкуронаты. Острые отравления пиретроидами наиболее часто проявляются такими симптомами, как головные боли, жжение и зуд кожи лица, головокружение, общая слабость и повышение температуры тела в первые 2–3 дня [14–16].

Экспериментальные исследования на животных подтвердили, что острое отравление дельтаметрином (класс пиретроидов) приводит к усилению секреции глюкокортикоидов и повышению уровня сахара в крови на фоне инсулиновой резистентности. Исследования Е. А. Chigrinski (2017) показали нарушения в синтезе кортикостероидов у надпочечников крыс, подвергшихся воздействию высоких доз дельтаметрина, что свидетельствует о стрессовых реакциях у животных при контакте с синтетическими пиретроидами [17].

Синтетические пиретроиды негативно влияют на репродуктивные способности организма. Это связывается с нарушением работы антиоксидантной системы в половых железах. Дельтаметрин уменьшает уровень глутатиона и препятствует

нормальной активности глутатионзависимых ферментов, что приводит к окислительному стрессу в семенниках крыс [18; 19].

Максимальная концентрация неоникотиноидов обнаруживается в печени и почках, что приводит к увеличению массы печени и активности ферментов. Симптомы острого отравления включают сонливость, дезориентацию, головокружение, а также желудочно-пищеводные эрозии и гастрит. При отравлении имидаклопридом и тиаклопридом наблюдается атония кишечника, выражающаяся в отсутствии дефекации в течение суток. Острые случаи приводят к нейротоксичности, иммунотоксичности, гепатотоксичности, нефротоксичности и репродуктивному цитотоксическому эффекту.

При отравлениях инсектицидами, содержащими имидаклоприд и тиаклоприд (неоникотиноиды), патоморфолог прежде всего фиксирует расстройства сосудистой системы, сопутствующие дистрофическим изменениям в паренхиматозных органах. При интоксикации имидаклопридом отмечается развитие гидропической дистрофии печени и почек, а также кардиомиоцитов; при отравлении тиаклопридом наблюдаются зернистая дистрофия, инфильтрация мононуклеарами и увеличение соединительной ткани в органах. У птиц эти препараты приводят к расширению зоба и жировому гепатозу печени [20].

A. Anadon подчеркивает негативное влияние неоникотиноидов на репродуктивную систему самцов и акцентирует внимание на потенциальной генетической опасности, рекомендуя соблюдать меры предосторожности при работе с ними. Согласно исследованиям T. Green, тиаметоксам может относиться к возможным канцерогенам для человека из-за увеличения случаев гепатоцеллюлярной аденомы и карциномы у животных. Недаром в странах ЕС введен запрет на некоторую часть пестицидов с доказанными свойствами эндокринных разрушителей [21].

Недостатки неоникотиноидов, таких как имидаклоприд и тиаклоприд, становятся все более очевидными не только с точки зрения токсичности для животных, но и в отношении воздействия на экосистему в целом. Исследования показывают, что данные инсектициды могут негативно влиять на популяции пчел, ухудшая их способности к опылению, что, в свою очередь, грозит серьезными последствиями для сельского хозяйства. Уменьшение численности опылителей ведет к снижению урожайности многих культур, что подрывает продовольственную безопасность [22].

Пестициды, классифицируемые как фосфорорганические соединения (ФОС) и выступающие в роли ингибиторов холинэстеразы, обладают выраженной токсичностью. В последние 20 лет исследования структуры пестицидов показали, что около 80 % случаев серьезного отравления, приводящих

к критическим нарушениям в организме и требующих неотложной медицинской помощи, связаны именно с ФОС (65 %). В 15 % случаев установить конкретный вид пестицида не представляется возможным.

Человек может подвергаться воздействию ФОС через дыхательные пути, пищеварительный тракт и кожные покровы. Эти химические соединения оказывают нейротоксическое и психотропное воздействие. Отравление ФОС проходит три стадии: первая характеризуется психомоторным возбуждением, дискомфортом в грудной клетке, одышкой и хрипами, а также повышением потоотделения и артериального давления; вторая стадия проявляется кратковременными судорогами, затруднением дыхания, редким пульсом, диареей и частыми позывами к мочеиспусканию; третья стадия – это серьезные нарушения в работе дыхательного центра, паралич конечностей, снижение артериального давления и аритмия. Также зарегистрированы случаи аллергического дерматита и астматического бронхита, что указывает на влияние ФОС на белковые группы [23; 24].

Все эти и другие многочисленные факты, свидетельствующие о токсичном влиянии на благополучие человека химических средств защиты растений, привели к тому, что Европейский парламент поддержал проект Еврокомиссии «От фермы до вилки», предусматривающий к 2030 году значительное ограничение использования пестицидов, микропрепаратов и удобрений (в том числе и навоза) [25].

Приведенные выше примеры последствий воздействия инсектицидов на экологию и ее обитателей заставляют задуматься об альтернативном пути по защите культур от вредных насекомых, т. е. о биологизации земледелия. И она существует – биологическая защита. Биологические инсектициды представляют собой альтернативу химическим средствам борьбы с вредителями, их преимущество заключается в экологической безопасности и способе действия. Во-первых, биологические инсектициды основаны на натуральных организмах или их метаболитах, что снижает риск загрязнения окружающей среды и наносит минимальный вред полезным насекомым и экосистеме в целом. Во-вторых, многие биологические инсектициды действуют целенаправленно на определенные виды вредителей, что уменьшает вероятность появления резистентности к средствам защиты растений. Например, бактерия *Bacillus thuringiensis* активна только против определенного спектра насекомых, таких как гусеницы, и не затрагивает других позвоночных или беспозвоночных [26].

Кроме того, биологические инсектициды часто обладают длительным остаточным действием, что позволяет минимизировать частоту обработки.

Они также могут способствовать улучшению здоровья почвы и качеству продукции, что важно для устойчивого сельского хозяйства. Все эти факторы делают биологические инсектициды эффективным и безопасным инструментом в борьбе с вредителями [27; 28].

Отечественные и зарубежные ученые проводят исследования по использованию в защите растений от вредных объектов биологических методов: в частности, привлечение энтомофагов, создание микробиологических препаратов, использование репеллентов и биопестицидов [29–31]. Рядом исследований, в частности Омским аграрным научным центром (Омск, 2023 год), а также ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта» (Краснодар, 2019–2021 годы), доказано положительное влияние на регуляцию численности вредителей рапса биопестицидов, не уступающих по эффективности традиционным химическим средствам (инсектицидам).

Растений, которые можно использовать в качестве сырья для создания биопестицидов, в природе немало. Вот пример немногих из них: чеснок (*Allium sativum*), лук (*allium cepa*), сельдерей (*Apium graveolens*), хрен (*Armoracia rusticana*), горький перец (*Capsicum annuum*), базилик (*Ocimum basilicum*), горчица (*Brassica juncea*), фенхель (*Foeniculum vulgare*), укроп (*Anethum*), петрушка (*Petroselinum crispum*), тмин (*Carum carvi*), бархатцы (*Tagetis erecta*), календула (*Calendula officinalis*), хризантемы (*Chrysanthemum* sp.), маттиола (*Matthiola incana*), настурция (*Tropaeolum majus*), петуния (*Petunia parviflora*), пеларгония (*Perlargonium* sp.), любисток (*Levisticum officinale*), шалфей (*Salvia* spp.), полынь (*Artemisia* sp.), чистотел (*Chelidonium maius*), бузина (*Sambucus* sp.), пижма (*Tanacetum* sp.), табак (*Nicotina tabacum*), тысячелистник (*Achillea millefolium*) и другие. По мнению некоторых авторов, использование этих растений не исключает поиска перспективных видов других семейств, эфирные масла которых будут обладать выраженным инсектицидным действием и проявлять репеллентный эффект. На их основе возможно создание комплексных препаратов для защиты растений.

К. Г. Ткаченко и Е. А. Варфоломеева провели исследования по идентификации и выделению фитостероидов из растений семейства сложноцветных (*Compositae*), эфирные масла из которых являются более дешевым продуктом. Растения ряда семейств (*Compositae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Umbrelliferae*, *Zingiberaceae*) являются объектами пристального внимания и могут быть перспективными для получения эфирных масел с выраженными репеллентными и/или инсектицидными свойствами [32].

Учеными М. И. Болдыревым, С. А. Колесниковым и С. А. Болдыревой разработан репеллентный препарат «Тополь-Б1», рабочая жидкость которого представляет собой 1-процентную водно-спиртовую эмульсию пчелиного прополиса с четко выраженным запахом почек тополя бальзамического. Продолжительность его действия – 8 суток. Проведенные испытания репеллента на ягодных и овощных культурах показали, что «Тополь-Б1» эффективен против таких вредителей, как малинно-земляничный долгоносик, розанная муха, розанная и жимолостная узкотелые златки, шиповниковый семяед, капустная белянка и колорадский жук. Эффективность «Тополя-Б1» против малинно-земляничного долгоносика была на уровне 92–100 %, листоеда – 73,5–85,9 %, бронзовки и оленки мохнатой – 100 %, колорадского жука – 98 %. По своей эффективности препарат «Тополь-Б1» превзошел химические. При этом цветущие растения, обработанные репеллентным препаратом, охотнее посещают пчелы [33].

Исследования, проведенные О. А. Криченко, М. Н. Шороховым и О. В. Долженко в условиях Ленинградской (2020 год) и Нижегородской (2021 год) областей по установлению биологической эффективности биологического инсектицида «Биослип БВ, Ж» (*Beauveria bassiana* – энтомопатогенный гриб) на рапсе яровом против опасного вредителя капустной моли (*Plutella xylostella* Curt.), выявили, что биологическая эффективность биоинсектицида «Биослип БВ, Ж» в зависимости от концентрации варьировала от 42–68 % до 55–76 % [34].

Сравнение эффективности биологических и химических инсектицидов проводится практически в каждом регионе. Ученые не скрывают, что биологические инсектициды уступают по некоторым позициям химическим препаратам: к примеру, по прибавке урожая, скорости достижения эффекта от применения. Но все эти недостатки перекрываются огромными плюсами от их применения: они дешевле и не вредят экологии [35].

Экспериментами К. С. Байбусенова по разработке экологизированной системы защиты рапса от капустной белянки (*Pieris brassicae* L.), крестоцветной блошки (*Phyllotreta* spp.), крестоцветного клопа (*Eurydema* spp.), капустной моли (*Plutella xylostella* L.) установлено, что стимулятор роста, жидкие удобрения и биопрепарат способствовали развитию и усилению иммунной системы растений рапса, что позволило минимизировать применение на посевах химических средств защиты. Рассчитанный уровень рентабельности при такой экологизированной системе защиты рапса не уступал контрольному варианту [36].

В исследовании Р. Сафиоллина, подтвержденном данными стационарного полевого эксперимента, рассматривается потенциал широкого использова-

ния современных биопрепаратов с инсектицидными свойствами для защиты ярового рапса от вредных насекомых, таких как крестоцветная блошка, капустная моль, рапсовый пилильщик, цветоед и скрытнохоботник. Установлено, что обработка семян инсектобактом (1 л/т семян) в сочетании с питательным раствором «Нодикс Премиум» (0,3 л/т) по своей эффективности в борьбе с крестоцветными блошками сравнима с химической протравкой «Круйзер Рапс» (15 л/т). Применение этих биопрепаратов также значительно снижает химическую нагрузку на окружающую среду в борьбе с другими вредителями во время вегетации растений. Вышеперечисленные примеры показывают, что биологические инсектициды по своей эффективности не уступают химическим средствам защиты [37].

Помимо биопестицидов, созданных на основе продуктов жизнедеятельности бактерий, грибов и других микроорганизмов, для защиты от насекомых существуют средства на основе природных репеллентов – эфирных масел, отпугивающих насекомых. В качестве репеллента обычно рекомендуют и применяют эфирные масла лаванды (*Lavandula angustifolia* Mill.), гвоздики (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L. M. Perry), мяты перечной (*Mentha × piperita* L.), кедра (*Cedrus deodara* (Roxb. ex D. Don) G. Don), кипариса (*Cupressus* sp.), эвкалипта (*Eucalyptus* sp.), мелиссы (*Melissa officinalis* L.), туи (*Thuja* sp.), ромашки (*Matricaria chamomilla* L.), аниса (*Pimpinella anisum* L.) и многих других видов растений [38].

Российские ученые Е. М. Мунтян, М. Г. Батко и И. Г. Язловецкий разработали препараты на основе эфирных масел, исследовали их воздействие на тепличную белокрылку. Определено, что некоторые эфирные масла, в частности сандалового дерева, лимонена, лианолаола, гераниола и карвакрола, проявляют репеллентные свойства и токсичность, зависящую от дозы и времени контакта насекомых [39].

Изучением инсектицидной активности эфирных масел различных растений в нашей стране занимается Ботанический институт им. В. Л. Комарова (БИН РАН).

Помимо использования эфирных масел эфиромасличных растений, другим малоизученным направлением защиты растений от насекомых является создание смешанных посадок культур с растениями, обладающими достаточными репеллентными свойствами для отпугивания насекомых-вредителей. Особенно хорошо зарекомендовали себя в этой роли различные эфиромасличные растения, у которых выработался природный иммунитет к ряду заболеваний и которые одновременно привлекают энтомофагов, сдерживая тем самым рост популяции вредных насекомых (фитофагов).

Кафедрой растениеводства и селекции УрГАУ проводятся многолетние исследования по интродукции эфиромасличных растений из местной флоры и других регионов. В посадках, окаймленных эфиромасличными растениями, с середины июля до сентября в воздухе отмечается высокое содержание эфирных масел и значительно снижается число вредных насекомых. Одновременно наблюдается рост полезных насекомых: златоглазки, жуужелицы, мухи-журчалки, семиточечной коровки и других [40].

Аналогичные результаты получены кафедрой защиты и карантина растений Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур, где в течение 2016–2017 годов в условиях Центрального Таджикистана проводились исследования агробиоценозов с использованием арома-пряных культур (*Anethum graveolens* – укроп огородный, *Coriandrum* – кориандр, *Caléndula officinális* – календула, *Impatiens balsamina* L. – бальзамин камелия, *Ziziphora* – зизифора), которые высевались по контуру поля томатов. Результаты исследования показали, что такие растения, как укроп огородный, кориандр и зизифора, привлекали наибольшее количество энтомофагов. Соотношение численности полезных и вредных насекомых составило 67 и 33 % соответственно [41].

Опытами, проведенными Ю. В. Докуниным и Л. Ш. Сабитовой в Федеральном научном центре пчеловодства, расположенном в Рязанской области, достигнуты положительные результаты по использованию эфиромасличных растений в целях защиты рапса ярового от капустной моли. Эфиромасличные культуры высевались по краям делянки (не более 20 % площади). Выявлено, что кориандр посевной и шандра гребенчатая обладают репеллентными свойствами против капустной моли. При возделывании рапса ярового эффективными оказались краевые посевы с кориандром: биологическая эффективность составила от 46,3 до 78,7 % [42].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Являясь хорошим медоносом, яровой рапс представляет огромный интерес для медоносных пчел. Однако пестициды, которые применяются на рапсе, как показал анализ, на 4/5 представлены I–II классами опасности для пчел. Химическая обработка рапса с нарушениями регламента применения ежегодно приводит к конфликтным ситуациям между аграриями и пчеловодами из-за гибели пчел. В этой связи большое значение приобретают биологические способы защиты посевов рапса. Одним из направлений биологизации земледелия является использование растений, обладающих репеллентными свойствами. Использование растений-репеллентов в сельскохозяйственной практике может снизить количество химических обработок.

Репелленты растительного происхождения все чаще рассматриваются как эффективное средство защиты от вредителей рапса. Основная причина заключается в их абсолютной экологической безопасности и низком уровне токсичности как для человека, так и для окружающей среды. Такие вещества, как экстракты цитронеллы, мяты и лаванды, содержат соединения, которые отпугивают вредных насекомых, включая блошек и различных листоедов.

Представленные результаты показывают, что использование растений-репеллентов может быть интегрировано в систему устойчивого земледелия, что позволяет снижать зависимость от химических пестицидов. Применение экстрактов в комбинации

с традиционными агротехническими мерами создает синергетический эффект, способствующий укреплению здоровья растений и повышению их устойчивости к вредителям.

Кроме того, растительные репелленты могут улучшать биоразнообразие на полях, поддерживая популяции полезных насекомых-опылителей и хищников. Проведение дальнейших исследований в этой области могло бы раскрыть новые возможности для создания эффективных и безопасных схем защиты рапса от вредителей. Таким образом, использование растений-репеллентов представляет собой перспективное направление для устойчивого сельского хозяйства.

Библиографический список

1. Таблица медопродуктивности медоносных растений [Электронный ресурс]. URL: <https://www.grandexpert.ru/handbook/tablica-myodoproduktivnosti-medonosnyh-rasteniy> (дата обращения: 10.01.2025).
2. Старых А. И., Ходаков П. Е. Технологии защиты ярового рапса в условиях Тюменской области: рекомендации. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2020. 56 с.
3. Kumar S., Nehra M., Dilbaghi N., Marrazza G., Hassan A. A., Kim K.-H. Nano-based smart pesticide formulations // *Emerging Opportunities for Agriculture*. 2019. No. 294. Pp. 131–153. DOI: 10.1016/j.jconrel.2018.12.012.
4. Рынок рапса в 2023 году: тенденции и прогнозы [Электронный ресурс]. URL: <https://ab-centre.ru/news/rynok-rapsa-v-2023-godu-tendencii-i-prognozu> (дата обращения: 10.01.2025).
5. Сердюк О. А., Трубина В. С., Горлова Л. А. Биологический инсектицид против насекомых-вредителей на рапсе яровом (*Brassica napus* L.) // *Сельскохозяйственный журнал*. 2022. № 3 (15). С. 40–49.
6. Архив 2024 Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rasteniyevodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-dep-rast-gos-ysl-agrohim-arh-2024-god> (дата обращения: 10.01.2025).
7. Ткачев А. В. Пиретроидные инсектициды – аналоги природных защитных веществ растений // *Соросовский образовательный журнал*. 2004. Т. 8. № 2. С. 56–63.
8. Bhardwaj K. Pyrethroids: a natural product for crop protection // *Natural Bioactive Products in Sustainable Agriculture*. 2020. Pp. 113–130. DOI: 10.1007/978-981-15-3024-1_8.
9. Герунова Л. К., Гонохова М. Н., Герунов Т. В. Морфологические изменения в щитовидной железе крыс при острой интоксикации моспиланом [Электронный ресурс] // *Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ*. 2022. № 3 (30). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologicheskie-izmeneniya-v-schitovidnoy-zheleze-krys-pri-ostroy-intoksikatsii-mospilanom> (дата обращения: 11.01.2025).
10. Фосфорорганические пестициды [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agro-sos.ru/insecticidi-fosfor> (дата обращения: 10.01.2025).
11. Medina-Buelvas D., Estrada-Muñiz E., Flores-Valadez M., Vega L. Genotoxic and immunotoxic effects of the organophosphate metabolite diethyldithiophosphate (DEDTP) in vivo // *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2019. No. 366. Pp. 96–103. DOI: 10.1016/j.taap.2019.01.023.
12. Анучина А. В. Токсическое действие пестицидов на организм человека и животных [Электронный ресурс] // *Международный студенческий научный вестник*. 2019. № 1. URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19454> (дата обращения: 10.01.2025).
13. Евтеева А. А., Шеремета М. С., Пигарова Е. А. Эндокринные дисрапторы в патогенезе таких социально значимых заболеваний, как сахарный диабет, злокачественные новообразования, сердечно-сосудистые заболевания, патология репродуктивной системы // *Ожирение и метаболизм*. 2021. № 3. С. 327–335.
14. Халиков П. Х., Курбанов А. К. [и др.] Изучение цитогенетического эффекта делапона // *Universum: медицина и фармакология: электрон. научный журнал*. 2023. № 2 (96). DOI: 10.32743/UniMed.2023.96.2.14979.
15. Эльсавасани Р. А., Дельцов А. А. Влияние тиаметоксама на некоторые репродуктивные параметры взрослых самцов кроликов при изучении хронической токсичности // *Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 135-летию со дня рождения А. Н. Костякова*. Москва, 2022. Т. 2. С. 352–355.
16. Горбенко А. Д., Морозова Я. А. [и др.] Синтетические пиретроиды и природные пиретрины: обзор // *Вестник аграрной науки*. 2024. № 5 (110). С. 3–15. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2024.5.3.

17. Chigrinski E. A., Gerunov T. V., Gerunova L. K., Zolin P. P. Impact of acute deltamethrin poisoning on rat adrenal glands: biochemical and pathomorphological study // International Journal of Biomedicine. 2017. No. 7 (3). Pp. 221–225. DOI: 10.21103/Article7(3)_OA12.
18. Hodoşan C. Gîrd C. et al. Pyrethrins and pyrethroids: a comprehensive review of natural occurring compounds and their synthetic derivatives [Электронный ресурс]. URL: <https://www.preprints.org/manuscript/202311.0160/v1> (дата обращения 30.01.2025) DOI: 10.20944/preprints202311.0160.v1.
19. Soderlund D. M. Neurotoxicology of pyrethroid insecticides // Advances in Neurotoxicology. 2020. Vol. 4. Pp. 113–165. DOI: 10.1016/bs.ant.2019.11.002.
20. Значение пиретроидов для сельскохозяйственной деятельности. [Электронный ресурс]. URL: <https://belhp.by/info/articles/znachenie-piretroidov-dlya-selskokhozyaystvennoy-deyatelnosti> (дата обращения: 30.11.2024).
21. Тарасова Е. В. Основные направления развития законодательства ЕС в области регулирования пестицидов // Токсикологический вестник. 2020. № 3. С. 41–52. DOI: 10.36946/0869-7922-2020-3-41-52.
22. Калинникова Т. Б., Гатиятуллина А. Ф., Егорова А. В. Токсическое действие пестицидов на пчел: // Российский журнал прикладной экологии. 2021. № 3 (27). С. 50–57. DOI: 10.24852/2411-7374.2021.3.50.57.
23. Соколова М. О., Соболев В. Е., Гончаров Н. В. Гистологические и ультраструктурные изменения в почках крыс на ранних сроках после отравления параоксоном // Токсикологический вестник. 2022. Т. 30, № 4. С. 231–237. DOI: 10.47470/0869-7922-2022-30-4-231-237.
24. Ширяев С. Д., Лобанов А. В. Химико-токсикологическая характеристика фосфорорганических соединений // Химическая безопасность. 2023. Т. 7, № 1. С. 48–58. DOI: 10.25514/CHS.2023.1.24004.
25. Берило С. ЕС намерен к 2030 году сократить применение пестицидов в два раза [Электронный ресурс]. URL: <https://vetandlife.ru/sobytiya/es-nameren-k-2030-godu-sokratit-primenenie-pesticidov-v-dva-raza> (дата обращения: 10.01.2025).
26. Барыло Б. О., Рзаева В.В. Влияние элементов биологизации на урожайность ярового рапса // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. № 3. С. 176–180. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-3-1-176-180.
27. Lybrand D. B. Lybrand D. B., Xu H., Last R., Pichersky E. How plants synthesize pyrethrins: safe and biodegradable insecticides // Trends in Plant Science. 2020. No. 12. Pp. 1240–1251. DOI: 10.1016/j.tplants.2020.06.012.
28. Oguh C. E., Okpaka C. O., Ubani C. S., Okekeaji U., Joseph P. S., Amadi E. U. Natural pesticides (biopesticides) and uses in pest management-a critical review [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/338165822_Natural_Pesticides_Biopesticides_and_Uses_in_Pest_Management-A_Critical_Review (дата обращения 12.01.2025).
29. Биологический метод защиты рапса [Электронный ресурс]. URL: <https://direct.farm/post/biopreparaty-dlya-zashchity-rapsa-stanovyatsya-effektivnye-27022> (дата обращения: 22.11.2024).
30. Коломиец Н. Э., Шплис О.Н. Виды рода *Agastache* J. Clayton ex Gronov.: распространение, применение, степень изученности (обзор) // Химия растительного сырья. 2022. Издание 4. С. 5–26. DOI: 10.14258/jcrpm.20220411043.
31. Власов С. С. Альтернативные методы борьбы с вредителями и болезнями рапса // Перспективы развития науки в современном мире: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. Уфа, 2019. С. 64–68.
32. Ткаченко К. Г., Варфоломеева Е. А. Эфирные масла – репелленты и/или инсектициды. Перспективы использования для защиты растений // Инновационное развитие экономики. Материалы второго Крымского инновационного форума. Симферополь. 2020. С. 109–114.
33. Болдырев М. И. Новый репеллент «Тополь-Б1» // Защита и карантин растений. 2012. № 3. С. 27–28.
34. Кривченко О. А., Шорохов М. Н., Долженко О. Д. Биологическая защита рапса ярового от капустной моли // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (70). С. 51–58. doi: 10.24412/2078-1318-2023-1-51-58.
35. Догадина М. А., Правдюк А. И., Криворотова Е. И. Вызовы и тренды рынка биопестицидов // Вестник аграрной науки. 2024. № 2 (107). С. 40–48. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2024.2.40.
36. Байбусенов К. С. Экологизированные системы защиты рапса от основных насекомых-вредителей для снижения риска природному биоразнообразию // Сохранение биологического разнообразия и развитие сети особо охраняемых природных территорий: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной юбилею почетного профессора Костанайского государственного педагогического института, доктора биологических наук Т. М. Брагиной. Костанай, 2024. С. 194–200.
37. Сафиоллин Р. В. Биологические системы защиты ярового рапса от вредителей – перспективное направление увеличения объемов производства экологически безопасного и конкурентоспособного мас-

личного сырья в Республике Татарстан // Сборник статей Международного учебно-исследовательского конкурса в 6 частях. Петрозаводск, 2021. Часть 2. С. 366–375.

38. Комаров Е. В., Комарова О.П. Управление энтомокомплексами сельскохозяйственных культур при орошении // Известия НВ АУК. 2022. № 2 (66). С. 111–118. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-13.

39. Степанычева Е. А., Петрова М. О., Черменская Т. Д. О влиянии эфирного масла *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. и его основного компонента на развитие оранжевой белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* Westw. // Сельскохозяйственная биология. 2022. № 1. С. 193–201. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.193rus

40. Чулкова В. В., Чапалда Т. Л., Пояркова Н. М. Растения-репелленты // От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение производства и переработки продукции растениеводства: сборник материалов международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2020. С. 102–104.

41. Уроков Ф. П. Агроценозы нектароносных растений и энтомофагов в Гиссарской долине Таджикистана // Кишоварз. 2019. № 2. С. 79–81.

42. Докукин Ю. В., Сабитова Л.Ш. Использование эфиромасличных растений в целях защиты рапса ярового от вредителей и повышения его продуктивности // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2021. № 23. С. 27–30.

Об авторах:

Максим Анатольевич Пазин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии и агроэкологии, Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого, Кемерово, Россия; ORCID 0009-0003-2588-5335, AuthorID 1011501. E-mail: mister.pazin@mail.ru

Антон Владимирович Пьяных, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии и агроэкологии, Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого, Кемерово, Россия; ORCID 0009-0000-8395-2485, AuthorID 961332. E-mail: anton.pyanih2014@yandex.ru

References

1. Table of honey productivity of honey plants [Internet] [cited 2025 Jan 10]. Available from: <https://www.grand.expert.ru/handbook/tablica-myodoproduktivnosti-medonosnyh-rasteniy>. (In Russ.)

2. Starykh A. I., Khodakov P. E. *Technologies for protecting bright rapeseed in the conditions of the Tyumen region: recommendations*. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2020. 56 p. (In Russ.)

3. Kumar S., Nehra M., Dilbaghi N., Marrazza G., Hassan A. A., Kim K.-H. Nano-based smart pesticide formulations. *Emerging opportunities for agriculture*. 2019; 294: 131–153. DOI: 10.1016/j.jconrel.2018.12.012.

4. Rapeseed market in 2023: trends and forecasts [Internet] [cited 2025 Jan 10]. Available from: <https://ab-centre.ru/news/rynok-rapsa-v-2023-godu-tendencii-i-prognozy>. (In Russ.)

5. Serdyuk O. A., Trubina V. S., Gorlova L. A. Biological insecticide against insect pests on spring rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agricultural Journal*. 2022; 3 (15): 40–49. (In Russ.)

6. Ministry of Agriculture of the Russian Federation: official website [Internet] [cited 2025 Jan 10]. Available from: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-dep-rast-gos-ysl-agrohim-arh-2024-god>. (In Russ.)

7. Tkachev A. V. Pyrethroids – analogues of natural protective compounds of plant origin. *Soros Educational Journal*. 2004; 8 (2): 56–63. (In Russ.)

8. Bhardwaj K. Pyrethroids: a natural product for crop protection. *Natural Bioactive Products in Sustainable Agriculture*. 2020: 113–130. DOI: 10.1007/978-981-15-3024-1_8.

9. Gerunova L. K., Gonokhova M. N., Gerunov T. V. Morphological changes in the thyroid gland of rats during acute intoxication with mospilan. *Electronic Scientific and Methodological Journal of Omsk State Agrarian University* [Internet] [cited 2025 Jan 11]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfologicheskie-izmeneniya-v-schitovidnoy-zheleze-krysa-pri-ostroy-intoksikatsii-mospilanom>. (In Russ.)

10. *Organophosphorus pesticides* [Internet] [cited 2025 Jan 10]. Available from: <https://www.agro-sos.ru/insecticidi-fosfor>. (In Russ.)

11. Medina-Buelvas D., Estrada-Muñiz E., Flores-Valadez M., Vega L. Genotoxic and immunotoxic effects of the organophosphate metabolite diethyldithiophosphate (DEDTP) in vivo. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2019; 366: 96–103. DOI: 10.1016/j.taap.2019.01.023.

12. Anuchina A. V. Toxic effect of pesticides on the human body and animals [Internet] [cited 2025 Jan 10]. Available from: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19454>. (In Russ.)

13. Evteeva A. A., Sheremeta M. S., Pigarova E. A. Endocrine disruptors in the pathogenesis of socially significant diseases such as diabetes mellitus, malignant neoplasms, cardiovascular diseases, pathology of the reproductive system. *Obesity and Metabolism*. 2021; 3: 327–335. (In Russ.)

14. Khalikov P. Kh., Kurbanov A. K., et al. Study of the cytogenetic effect of delapone. *Universum: Medicine and Pharmacology: Electronic Scientific Journal*. 2023; 2 (96). DOI: 10.32743/UniMed.2023.96.2.14979. (In Russ.)
15. Elsavasani R. A., Deltsov A. A. The effect of thiamethoxam on some reproductive parameters of adult male rabbits in the study of chronic toxicity. *Proceedings of the International scientific conference of young scientists and specialists dedicated to the 135th anniversary of the birth of A. N. Kostyakov*. Moscow, 2022; 2: 352–355. (In Russ.)
16. Gorbenko A. D., Morozova Ya. A., et al. Synthetic pyrethroids and natural pyrethrins: a review. *Bulletin of Agrarian Science*. 2024; 5 (110): 3–15. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2024.5.3. (In Russ.)
17. Chigrinskiy E. A., Gerunov T. V., Gerunova L. K., Zolin P. P. Impact of acute deltamethrin poisoning on rat adrenal glands: biochemical and pathomorphological study. *International Journal of Biomedicine*. 2017; 7 (3): 221–225. DOI: 10.21103/Article7(3)_OA12.
18. Hodoşan C. Pyrethrins and pyrethroids: a comprehensive review of natural occurring compounds and their synthetic derivatives [Internet] [cited 2025 Jan 30]. Available from: <https://www.preprints.org/manuscript/202311.0160/v1>. DOI: 10.20944/preprints202311.0160.v1.
19. Soderlund D. M. Neurotoxicology of pyrethroid insecticides. *Advances in Neurotoxicology*. 2020; 4: 113–165. DOI: 10.1016/bs.ant.2019.11.002.
20. *The importance of pyrethroids for agricultural activities* [Internet] [cited 2025 Jan 30]. Available from: <https://belhp.by/info/articles/znachenie-piretroidov-dlya-selskokhozyaystvennoy-deyatelnosti>. (In Russ.)
21. Tarasova E. V. Main directions of development of EU legislation in the field of pesticide regulation. *Toxicological Bulletin*. 2020; 3: 41–52. DOI: 10.36946/0869-7922-2020-3-41-52. (In Russ.)
22. Kalinnikova T. B., Gatiyatullina A. F., Egorova A. V. Toxic effect of pesticides on bees: a review. *Russian Journal of Applied Ecology*. 2021; 3 (27): 50–57. DOI: 10.24852/2411-7374.2021.3.50.57. (In Russ.)
23. Sokolova M. O., Sobolev V. E., Goncharov N. V. Histological and ultrastructural changes in the kidneys of rats in the early stages after paraoxon poisoning. *Toxicological Bulletin*. 2022; 4: 231–237. DOI: 10.47470/0869-7922-2022-30-4-231-237. (In Russ.)
24. Shiryaev S. D., Lobanov A. V. Chemical and toxicological characteristics of organophosphorus compounds. *Chemical Safety Science*. 2023; 7 (1): 48–58. DOI: 10.25514/CHS.2023.1.24004. (In Russ.)
25. Berilo S. *The EU intends to halve the use of pesticides by 2030* [Internet] [cited 2025 Jan 10]. Available from: <https://vetandlife.ru/sobytiya/es-nameren-k-2030-godu-sokratit-primenenie-pesticidov-v-dva-raza>. (In Russ.)
26. Barylo B. O., Rzayeva V. V. Influence of biologization elements on yield of spring rape. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2023; 3: 176–180. DOI: 10.24412/2500-1000-2023-3-1-176-180. (In Russ.)
27. Lybrand D. B., Xu H., Last R., Pichersky E. How plants synthesize pyrethrins: safe and biodegradable insecticides. *Trends in Plant Science*. 2020; 12: 1240–1251. DOI: 10.1016/j.tplants.2020.06.012.
28. Oguh C. E., Okpaka C. O., Ubani C. S., Okekeaji U., Joseph P. S., Amadi E. U. *Natural pesticides (biopesticides) and uses in pest management – a critical review* [Internet] [cited 2025 Jan 12]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/338165822_Natural_Pesticides_Biopesticides_and_Uses_in_Pest_Management-A_Critical_Review.
29. *Biological method of rapeseed protection* [Internet] [cited 2025 Nov 10]. Available from: <https://direct.farm/post/biopreparaty-dlya-zashchity-rapsa-stanovyatsya-effektivneye-27022>. (In Russ.)
30. Kolomiets N. E., Shplis O. N. Species of the genus *Agastache* J. Clayton ex Gronov.: distribution, use, degree of knowledge (review). *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2022; 4: 5–26. DOI: 10.14258/jcprm.20220411043. (In Russ.)
31. Vlasov S. S. Alternative methods of pest and disease control in rape. *Prospects for the development of science in the modern world: a collection of articles based on the materials of the international scientific and practical conference*. Ufa. 2019. Pp. 64–68. (In Russ.)
32. Tkachenko K. G., Varfolomeeva E. A. Essential oils – repellents and/or insecticides. Prospects for use in plant protection. *Innovative development of the economy. Materials of the second Crimean innovation forum*. Simferopol, 2020: 109–114. (In Russ.)
33. Boldyrev M. I. New repellent poplar-B1. *Plant Protection and Quarantine*. 2012; 3: 27–28. (In Russ.)
34. Krivchenko O. A., Shorokhov M. N., Dolzhenko O. D. Biological protection of spring rapeseed from cabbage moth. *Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2023; 1 (70): 51–58. DOI: 10.24412/2078-1318-2023-1-51-58. (In Russ.)
35. Dogadina M. A., Pravdyuk A. I., Krivorotova E. I. Challenges and trends of the biopesticide market. *Bulletin of Agricultural Science*. 2024; 2 (107): 40–48. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2024.2.40. (In Russ.)

36. Baybusenov K. S. Ecologized rapeseed protection systems from major insect pests to reduce the risk to natural biodiversity. *Conservation of biological diversity and development of a network of specially protected natural territories: proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the anniversary of the Honorary Professor of Kostanay State Pedagogical Institute, Doctor of Biological Sciences T. M. Bragina*. Kostanay, 2024. Pp. 194–200. (In Russ.)
37. Safiollin R. V. Biological systems for protecting spring rapeseed from pests – a promising direction for increasing the production of environmentally friendly and competitive oilseed raw materials in the Republic of Tatarstan. *Collection of articles of the International educational and research competition in 6 parts*. Petrozavodsk, 2021. Part 2. Pp. 366–375. (In Russ.)
38. Komarov E. V., Komarova O. P. Management of entomocomplexes of agricultural crops under irrigation. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2022; 2 (66): 111–118. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-02-13. (In Russ.)
39. Stepanycheva E. A., Petrova M. O., Chermenskaya T. D. On the influence of Litseacubeba (Lour.) Pers. essential oil and its main component on the development of the greenhouse whitefly *Trialeurodes Vaporariorum* westw. *Agricultural Biology*. 2022; 1: 193–201. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.193rus (In Russ.)
40. Chulkova V. V., Chapalda T. L., Poyarkova N. M. Repellent plants. *From inertia to development: scientific and innovative support for the production and processing of plant products: collection of materials from the international scientific and practical conference*. Ekaterinburg, 2020. Pp. 102–104. (In Russ.)
41. Urokov F. P. Agrocenoses of nectar-bearing plants and entomophages in the Hissar Valley of Tajikistan. *Kishovarz*. 2019; 2: 79–81. (In Russ.)
42. Dokukin Yu. V., Sabitova L. Sh. Use of essential oil plants to protect spring rape from pests and increase its productivity. *Current Issues of Improving the Technology of Production and Processing of Agricultural Products*. 2021; 23: 27–30. (In Russ.)

Authors' information:

Maksim A. Pazin, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agronomy and agroecology, Kuzbass State Agrarian University named after V. N. Poletskov, Kemerovo, Russia;

ORCID 0009-0003-2588-5335, AuthorID 1011501. *E-mail: mister.pazin@mail.ru*

Anton V. Pyanykh, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agronomy and agroecology, Kuzbass State Agrarian University named after V. N. Poletskov, Kemerovo, Russia;

ORCID 0009-0000-8395-2485, AuthorID 961332. *E-mail: anton.pyanikh2014@yandex.ru*