

Читать
онлайнRead
online

Березняк И.В., Федорова С.Г., Ильницкая А.В.

Токсиколого-гигиенические требования безопасности при работе с пестицидами в сельском хозяйстве

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Россия

Интенсивное применение пестицидов в России выдвигает задачи по определению путей предотвращения их неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

Цель исследования – обоснование с токсиколого-гигиенических позиций требований безопасности при работе с пестицидами в сельском хозяйстве. Выполнен анализ документов, регламентирующих применение пестицидов, научных публикаций и данных собственных исследований.

Безопасность пестицидов для работающих с ними базируется на многочисленных токсиколого-гигиенических исследованиях, осуществляемых на этапе регистрационных испытаний. По результатам этих исследований, включающих определение параметров токсичности при остром ингаляционном, дермальном и пероральном поступлении, подостром и хроническом воздействии в соответствии с гигиенической классификацией пестицидов по степени опасности, устанавливается класс опасности, который регламентирует возможность, масштаб, технологии применения пестицидов на территории Российской Федерации. Особое внимание уделяется изучению сенсibilизирующего действия, раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки, а также возможных проявлений отдаленных эффектов (тератогенное, эмбриотоксическое, канцерогенное, мутагенное). Выраженность канцерогенного и мутагенного действия определяет ограничение применения пестицидов вплоть до полного запрета. Гигиеническое нормирование содержания действующих веществ пестицидов осуществляется с учётом класса опасности и параметров токсичности. Обязательным условием безопасного применения является установление гигиенических нормативов практически во всех средах. На последнем этапе исследования проводится оценка риска для работающих при применении каждого пестицида в реальных условиях сельскохозяйственного производства и регламентация применения.

Заключение. Требования безопасности для работающих с пестицидами при использовании различных технологий в условиях сельского хозяйства устанавливаются с учётом класса опасности пестицидов и используемой техники. Применение метода оценки риска воздействия пестицидов на стадии регистрационных испытаний гарантирует исключение из оборота на территории России препаратов, представляющих реальную опасность для работающего человека. Минимальный риск при воздействии пестицидов на работающих обеспечивается соблюдением всех требований безопасности и регламентов применения.

Ключевые слова: пестициды; безопасность при работе; оценка риска

Соблюдение этических стандартов. Гигиенические исследования одобрены локальным этическим комитетом ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, Протокол № 2 от 25.02.2014 г.

Согласие пациентов. Каждый участник исследования дал информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме в журнале «Гигиена и санитария».

Для цитирования: Березняк И.В., Федорова С.Г., Ильницкая А.В. Токсиколого-гигиенические требования безопасности при работе с пестицидами в сельском хозяйстве. *Гигиена и санитария.* 2022; 101(10): 1243–1248. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1243-1248> <https://elibrary.ru/uzoomz>

Для корреспонденции: Березняк Ирина Владиславовна, доктор мед. наук, профессор, зав. отд. гигиены труда ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи. E-mail: berezniakiv@ferisman.ru

Участие авторов: Березняк И.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Федорова С.Г., Ильницкая А.В. – анализ материала, поиск литературы, написание текста.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках проекта отраслевой программы «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России».

Поступила: 26.08.2022 / Принята к печати: 3.10.2022 / Опубликована: 23.10.2022

Irina V. Bereznyak, Svetlana G. Fedorova, Aleksandra V. Il'nitskaya

Toxicological and hygienic requirements when working with pesticides in agriculture

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, 141014, Mytishchi, Russian Federation

Intensive use of pesticides in Russia puts forward the task of identifying ways to prevent their adverse effects on the health of workers.

The purpose of the study is to substantiate the safety requirements when working with pesticides in agriculture from a toxicological and hygienic standpoint.

An analytical study was performed. Research materials documents regulating the use of pesticides, scientific publications, data from own research.

The safety of pesticides for those working with them is based on numerous toxicological and hygienic studies carried out at the stage of registration tests. According to the results of toxicological studies, including the establishment of toxicity parameters for acute inhalation, dermal and oral intake, subacute and chronic exposure, in accordance with the hygienic classification of pesticides by degree of danger, a hazard class is established, which determines the possibility, scale, technology of the use of pesticides on the territory of the Russian Federation. Particular attention is paid to the study of sensitizing effects, irritating effects on the skin and mucous membranes, as well as possible manifestations of long-term effects (teratogenic, embryotoxic, carcinogenic, mutagenic). The severity of carcinogenic and mutagenic effects determines the restriction of the use of pesticides, up to a complete ban. Hygienic regulation of the content of active substances of pesticides is carried out taking into account the hazard class and toxicity parameters. A prerequisite for the safe use of pesticides is the establishment of hygienic standards in almost all environments. The last stage of the study is an assessment of the risk to workers when using each pesticide in real conditions of agricultural production and regulation of use.

Conclusion. Safety requirements for those working with pesticides when applied using various technologies in agricultural conditions are determined taking into account the hazard class of pesticides and the equipment used. The application of the method of assessing the risk of exposure to pesticides at the stage of registration tests guarantees the exclusion from circulation in Russia of drugs that pose a real danger to a working person. The minimum risk of exposure to pesticides on workers is ensured by compliance with all safety requirements and application regulations.

Keywords: pesticides; safety at work; risk assessment

Compliance with ethical standards. Hygienic studies approved by the Local ethics committee of Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing (minutes of the meeting No. 2 from 25.02.2014).

Patient consent. Each participant of the study gave informed voluntary written consent to participate in the study and publish personal medical information in an impersonal form in the journal "Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)".

For citation: Bereznyak I.V., Fedorova S.G., Il'nitskaya A.V. Toxicological and hygienic requirements when working with pesticides in agriculture. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1243-1248. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1243-1248> <https://elibrary.ru/uzoomz> (In Russian)

For correspondence: Irina V. Bereznyak, MD, PhD, DSci., Professor, Head of the Department of Occupational Hygiene of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, 141014, Mytishchi, Russian Federation. E-mail: bereznyakiv@fferisman.ru

Information about authors:

Bereznyak I.V., <https://orcid.org/0000-0001-9501-092X> Fedorova S.G., <https://orcid.org/0000-0001-8860-5298> Il'nitskaya A.V., <https://orcid.org/0000-0002-1540-9189>

Contribution: Bereznyak I.V. – the concept and design of the study, editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; Fedorova S.G., Il'nitskaya A.V. – writing sections of the article, material analysis, literature search. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study was carried out within the framework of the project of the industry program "Scientific substantiation of the national system for ensuring sanitary and epidemiological well-being, health risk management and improving the quality of life of the population of Russia".

Received: August 26, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 23, 2022

Введение

Существующая мировая проблема удовлетворения потребности населения в продуктах питания требует поиска новых путей получения более высоких урожаев. Увеличение урожайности в результате применения пестицидов способствует стремительному расширению зоны их применения, росту ассортимента и качества пестицидов. В настоящее время в современном сельскохозяйственном производстве на территории России применяется более 1200 препаратов различного назначения¹.

Помимо рабочих, занятых непосредственно в производстве пестицидов, с ними контактирует широкий круг людей, занятых в сельском хозяйстве. Спектр технологических возможностей применения пестицидов (механизованное штанговое опрыскивание полевых культур, вентиляторное опрыскивание садов и виноградников, авиационное опрыскивание полей, лесов, обработка теплиц и протравливание семян, в том числе на многотоннажных заводах по протравливанию, приготовление и применение приманок) требует дифференцированного подхода к разработке мер безопасности при работе с ними. И хотя в России, как во всех развитых странах, наряду с пестицидами старого поколения увеличивается использование новых высокоэффективных препаратов, наносящих минимальный ущерб окружающей среде за счёт низких норм расхода, быстрого разложения в почве, низкой токсичности, проблема предотвращения отрицательного воздействия пестицидов на здоровье работающих с ними остаётся актуальной.

Цель исследования – обоснование с токсиколого-гигиенических позиций требований безопасности при работе с пестицидами в сельском хозяйстве.

Выполнено аналитическое исследование законодательных, нормативных, методических документов, регламентирующих применение пестицидов, научных публикаций, приведены данные собственных исследований.

Как биологически активные вещества пестициды при применении могут представлять опасность для здоровья работающих, вызывать острые и хронические профессиональные отравления или заболевания [1–4]. К числу наиболее опасных отраслей для здоровья работников, по данным Международной организации труда (МОТ), относится

сельское хозяйство, в котором занята почти половина рабочей силы планеты (1,3 млрд человек), при этом ежегодно до 170 тыс. сельскохозяйственных рабочих погибают в результате аварий, травм, отравлений пестицидами и другими химическими веществами. Учёт и регистрация несчастных случаев (травм, острых и хронических отравлений), а также профессиональной заболеваемости среди работников сельского хозяйства как в нашей стране, так и во всём мире остаются неполными [5].

Применение пестицидов в России в соответствии с действующим законодательством^{2,3} регулируется государственной регистрацией, на основании которой разрешаются их производство, применение, реализация, транспортировка, хранение, уничтожение, реклама, ввоз и вывоз из страны. Определены полномочия органов государственной власти Российской Федерации по осуществлению федерального государственного контроля (надзора) за исполнением законодательства в области безопасного обращения с пестицидами.

Безопасность пестицидов для работающих с ними базируется на многочисленных токсиколого-гигиенических исследованиях, осуществляемых на этапе регистрационных испытаний. Токсикологические исследования действующего вещества пестицидов включают установление параметров токсичности при остром (ингаляционном, дермальном и пероральном) поступлении, подостром при разных путях поступления и хроническом воздействии с оценкой возможного проявления отдалённых эффектов: тератогенного, эмбриотоксического, канцерогенного, мутагенного, а также воздействия на репродуктивную систему, сенсibiliзирующего и раздражающего действия на слизистые оболочки глаза и кожи.

Наряду с исследованием действующего вещества осуществляется токсикологическая оценка каждой препаративной формы пестицидов, рекомендуемой для применения на территории России. Для препаратов устанавливаются параметры токсичности при остром поступлении, сенсibiliзирующее, раздражающее действие на слизистые оболочки глаза и кожи.

Все эффекты классифицируются в соответствии с действующей в России гигиенической классификацией по

² Федеральный закон «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» от 19 июля 1997 г. № 109-ФЗ.

³ Федеральный закон «О внесении изменений в федеральный закон «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» № 522-ФЗ от 30.12.2020 г.

степени опасности⁴, устанавливается класс опасности действующего вещества (веществ) и препаративной формы. С токсиколого-гигиенических позиций пестициды подразделяются на четыре класса (1-й – чрезвычайно опасные, 2-й – высокоопасные, 3-й – умеренно опасные и 4-й – малоопасные).

Изучение в острых, подострых и хронических экспериментах токсичности препаратов позволяет оценить степень их потенциальной опасности для работающего человека. В современном сельскохозяйственном производстве отмечается рост количества препаративных форм пестицидов, содержащих два и более действующих вещества, а также антитоты и другие добавки, которые необходимы для повышения эффективности действия пестицида. В связи с этим весьма актуально токсикологическое изучение препаративных форм, поскольку зачастую по параметрам острой токсичности, сенсибилизирующему и раздражающему действию препарат может существенно отличаться от этих же показателей для действующего вещества или веществ, входящих в его состав. Возникает необходимость помимо определения традиционного набора параметров токсичности препаратов в проведении дополнительных исследований по изучению мутагенного, тератогенного, канцерогенного действия не только действующих веществ, но и препаративной формы в целом. Необходимость дополнительных исследований токсичности препаративной формы подтверждается исследованиями учёных ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, установивших усиление мутагенного действия многокомпонентных препаратов по сравнению с отдельными действующими веществами [6–9].

Класс опасности определяет возможность, масштаб, технологии применения пестицидов на территории Российской Федерации. Препараты на основе действующих веществ, отнесённых к 1-му и 2-му классам опасности (чрезвычайно опасные и высокоопасные соединения) по мутагенности, запрещены к применению, по другим отдалённым эффектам (канцерогенности, тератогенности, репродуктивной токсичности и эмбриотоксичности), аллергенности, острому действию – запрещены или допускаются к ограниченному применению только в случае крайней необходимости при определённых жёстких ограничениях. Например, в полеводстве в настоящее время невозможно обойтись без гербицидов на основе 2,4-Д кислоты, или глифосата (класс 2В по канцерогенности). Применение этих пестицидов допустимо только при использовании наземной опрыскивающей техники, на которой должны работать специалисты по защите растений или под их контролем или лица, прошедшие специальную профессиональную подготовку. Авиаобработки этими препаратами строго запрещены. Для сохранения зерновых запасов во всём мире широко используются фумиганты, в том числе на основе фосфина (2-й класс по острому ингаляционному воздействию), для борьбы с грызунами – родентициды на основе бродифакума, относящиеся к 1-му классу опасности, к работе с этими препаратами допускаются только специальные отряды, состоящие из обученных специалистов.

Большинство препаратов, применяемых в сельском хозяйстве, относятся к умеренно или малоопасным (3-й, 4-й классы) [10]. Именно эти препараты допустимо использовать в личных подсобных или фермерских хозяйствах (ЛПХ). Следует отметить, что в связи с появлением новых сведений о токсичности ряда действующих веществ пестицидов (глифосат, диазинон) и изменением вследствие этого класса опасности (вместо умеренно токсичных – высокотоксичные) многие препараты, ранее широко применявшиеся, были запрещены для использования населением в личных хозяйствах.

⁴ Гигиеническая классификация пестицидов и агрохимикатов по степени опасности. МР 1.2.0235–21 Утв. Глав. сан. врачом Российской Федерации 15.02.2021 г.

Не рекомендуется использование пестицидов, обладающих выраженным тератогенным, канцерогенным, сенсибилизирующим действием, в тепличных хозяйствах.

Класс опасности препарата выносится на тарную этикетку, в которой отмечаются особо опасные эффекты, например, острая токсичность, тератогенность, канцерогенность, определены требования к применению, даётся ссылка на соответствующие документы по требованиям безопасности, отражена необходимость использования средств индивидуальной защиты.

Гигиеническое нормирование содержания действующих веществ пестицидов осуществляется с учётом класса опасности и параметров токсичности. Гигиенические нормативы содержания действующих веществ пестицидов в воздухе рабочей зоны и в объектах окружающей среды вошли в приложение № 9 к СанПиН 1.2.3685–21⁵. Обязательное условие безопасного применения пестицидов – химико-аналитический контроль обеспечения гигиенических нормативов.

Научной основой безопасности труда при работе с пестицидами является установление закономерностей формирования их экспозиций при ингаляционном и дермальном поступлении в организм в реальных условиях. Это определяет механизм управления риском при выборе профилактических и оздоровительных мероприятий. Для решения вопроса о возможности регистрации пестицидов наряду с токсиколого-гигиенической характеристикой препаратов необходимо наблюдение за поведением пестицидов в производственной среде и их оценка по интегральному показателю – величине риска, учитывающего ингаляционную и кожную экспозиции вещества, а также поглощённую дозу пестицида при комплексном (ингаляционном и дермальном) воздействии.

Специалистами ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора разработана российская модель оценки риска⁶. Представленный в ней метод оценки риска пестицидов – вариант агрегированного риска, который, в соответствии с Руководством по оценке риска⁷, заключается в определении вероятности вредного для здоровья эффекта в результате поступления одного химического вещества в организм человека различными путями, то есть при комплексном поступлении. Российская модель оценки риска предполагает обязательные полевые испытания применяемых препаратов в натуральных условиях. Риск воздействия пестицида на работающих определяется коэффициентами безопасности комплексного (ингаляционного и дермального) воздействия действующего вещества по экспозиции (КБсумм) и по поглощённой дозе (КБп). Метод оценки риска для операторов по поглощённой дозе защищён патентом⁸.

Оценка риска пестицидов для операторов – группы работающих, в силу профессиональной деятельности имеющих непосредственный контакт с химическими средствами защиты растений, – осуществляется в несколько этапов, общепринятых в методологии оценки риска: идентификация опасности, характеристика опасности, оценка воздействия (экспозиции), характеристика риска. С учётом преднамеренности внесения пестицидов в почву, на растения с определённой целью идентификация и характеристика опасности имеют скорее констатирующее значение. Для определения экспозиционных уровней действующих веществ пестицидом проводят гигиенические исследования с использованием общепринятых методов изучения условий труда: отбор проб воздуха рабочей зоны во время применения пестицидов и смывы с кожи работающих после окончания работы. Способ

⁵ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

⁶ Оценка риска воздействия пестицидов на работающих: Методические указания. МУ 1.2.3017–12. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 15 с.

⁷ Руководство 2.1.10.1920–04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Роспотребнадзор, 2009. 143 с.

⁸ Патент на изобретение № 2480755. «Способ оценки риска воздействия пестицидов на работающих».

оценки дермальной экспозиции пестицидов работающих разработан ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора и защищён патентом⁹.

В организм работающих пестициды могут поступать через органы дыхания и через кожу. Ингаляционный путь поступления пестицидов с позиций токсикологии очень важен и представляет реальную опасность, особенно для веществ с высокой ингаляционной токсичностью. Не менее значимым является дермальное поступление пестицидов, так как, по результатам наших исследований, при применении более 300 препаратов (механизированная обработка полевых, садовых культур и работа в теплицах) риск комплексного поступления пестицидов в организм определялся главным образом экспозицией на коже: риск при кожном пути поступления был в 1,5–4,7 раза выше, чем при ингаляции. В меньшей степени это различие было заметным при технологиях предпосевной обработки семян и при применении в ЛПХ [11, 12].

Риск воздействия пестицидов на работающих определяли в период регистрационных испытаний в процессе применения каждого препарата в конкретных условиях сельскохозяйственного производства в соответствии с разработанным ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора алгоритмом¹⁰. Расчёт коэффициентов безопасности учитывал как гигиенические нормативы, так и данные, полученные в ходе токсикологических и натуральных исследований. Риск воздействия пестицида на работающего с учётом комплексного (ингаляционного и дермального) поступления по экспозиции определялся величиной коэффициента безопасности (КБсумм), установленного из сопоставления содержания вещества в воздухе и на коже с гигиеническими нормативами, по поглощённой дозе (КБп) путём суммирования ингаляционной и дермальной поглощённых доз и сравнения полученной суммы с допустимым суточным экспозиционным уровнем для оператора (ДСЭУО, мг/кг), рассчитанным на основании недействующей дозы, установленной в хроническом эксперименте на лабораторных животных. Допустимым считается риск, при котором КБсумм и (или) КБп меньше единицы. При определении КБсумм и (или) КБп больше допустимой единицы применение пестицида с использованием данной технологии запрещается. Данные полевых испытаний имеют особую ценность, поскольку наряду с установленными концентрациями действующего вещества пестицида в воздухе рабочей зоны и на коже работающих позволяют оценить влияние сопутствующих факторов на выраженность полученных результатов. Формирование экспозиционных уровней пестицидов зависит от параметров микроклимата и метеословий, марки применяемой техники, продолжительности работы с пестицидом, используемых средств защиты органов дыхания, кожи.

Различные технологии применения пестицидов (наземное штанговое опрыскивание полевых культур, вентиляционное опрыскивание садов, авиационный метод опрыскивания полей и лесов, обработка теплиц, протравливание семян, фумигация зерна и складов, приготовление и применение приманок) требуют дифференцированного подхода к разработке мер безопасности [13, 14].

Помимо химического на работающих в сельском хозяйстве воздействуют физические факторы (шум, вибрация, неблагоприятные климатические условия), тяжесть и напряжённость труда, которые способны усиливать токсичность применяемых пестицидов, образуя сложную систему совместно действующих стрессоров, что повышает требования к мерам безопасности [15, 16].

Большинство описанных в литературе случаев отравлений пестицидами (в том числе препаратами на основе фипронила, диметоата, карбофоса) связано с несоблюдением

инструкций по применению пестицидов, недостаточной вентиляцией помещений, неправильным использованием СИЗ, отсутствием согласования в применении пестицидов на разных территориях, работой при повышенной температуре воздуха и скорости ветра [17, 18].

Оценке комбинированного, сочетанного и комплексного действия факторов производственной среды посвящено много исследований. Наиболее популярная в профилактической медицине при оценке комбинированного действия модель простого подобного или аддитивного действия (суммарный эффект) не всегда правомерна, особенно при однонаправленном действии веществ в высоких дозах [19].

Использование универсальной математической модели вероятностной оценки риска для здоровья оператора при применении пестицидов, основанной на теории марковских процессов, позволило использовать методы стохастического моделирования, результатом которого является вероятностное значение для оператора в процессе работы оказаться в каком-либо из состояний – от неопасного до недопустимого – под влиянием многочисленных негативных факторов производственной среды, а также обосновать оптимальное время работы с пестицидами – 6 ч, при котором риск для оператора минимален [20, 21].

Использование метода биологического мониторинга, неинвазивной диагностики состояния здоровья для оценки воздействия пестицидов на работающих также позволяет уточнить степень выраженности влияния основного неблагоприятного фактора (пестицида) в сочетании с сопутствующими [22, 23].

Резкое увеличение применения пестицидов, обусловленное агрономическими требованиями, зачастую опережает знания о возможных неблагоприятных последствиях их воздействия на здоровье человека и окружающую среду.

Одним из наиболее эффективных мероприятий для профилактики интоксикаций пестицидами является их своевременная токсиколого-гигиеническая оценка, ограничение или запрет использования чрезвычайно опасных и высокоопасных соединений, а также своевременное изъятие ранее внедрённых препаратов, для которых на основании углублённых высокоинформативных исследований установлены новые сведения о выраженности отрицательных для человека эффектов.

Система профилактики неблагоприятного воздействия пестицидов вырабатывается в процессе регистрационных испытаний и включает исследования: токсикологические с разработкой гигиенических нормативов, гигиенические с оценкой риска для операторов и населения, химико-аналитические для обеспечения контроля содержания пестицидов во всех средах.

Новые многокомпонентные препараты, созданные на основе известных, хорошо изученных веществ, могут оказывать токсическое действие, отличающееся от токсичности компонентов, что требует экспериментального изучения препаратов не только по параметрам острой токсичности, но и по показателям отдалённого действия (эмбриотоксического, мутагенного, канцерогенного). К такому выводу пришли не только отечественные, но и зарубежные учёные [7–9]. Например, Калифорнийский департамент по регулированию применения пестицидов считает, что необходимо тестирование всех смесевых препаратов, содержащих два и более действующих вещества, по параметрам острой токсичности, раздражающему и сенсibiliзирующему действию, а при малейших свидетельствах потенцирующего эффекта следует расширять диапазон исследований в экспериментах *in vitro* и *in vivo* [24].

Для уточнения особенностей действия пестицидов в сочетании с другими факторами производственной среды необходимо более глубокое изучение токсических свойств препаратов и факторов, влияющих на степень их выраженности, основанное на большом арсенале экспериментальных методов исследования, в том числе методов неинвазивной диагностики, математического моделирования [21–23].

⁹ Патент на изобретение № 2518361. «Способ оценки дермальной экспозиции пестицидов у работающих».

¹⁰ Патент на промышленный образец № 124711. Схема «Алгоритм оценки риска для работающих при применении пестицидов».

Заклучение

Требования безопасного применения химических средств защиты растений основаны на эффективной реализации результатов токсиколого-гигиенических исследований, разработке и применении надёжных методов количественной идентификации веществ, совершенствовании метода оценки риска.

Использование метода оценки риска применения пестицидов на стадии регистрационных испытаний, включающих изучение и оценку условий труда работающих с пестицидами в условиях реального сельского хозяйства, гарантирует

исключение из оборота на территории России препаратов, представляющих реальную опасность для работающего человека и населения.

Минимальный риск воздействия пестицидов на работающих обеспечивается соблюдением всех требований безопасности и регламентов применения (норма расхода, кратность обработки, сроки ожидания и сроки безопасного выхода на обработанные препаратом площади), установленных для каждого препарата в ходе регистрационных испытаний на основании полной токсиколого-гигиенической характеристики с учётом класса опасности и применяемой техники и технологии.

Литература

(п.п. 1–3, 6, 7, 17, 24 см. References)

- Березняк И.В., Ракитский В.Н., Михеева Е.Н., Ярыгин И.В. Риск здоровью операторов при применении пестицидов в сельском хозяйстве. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2017; 61(4): 185–90. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2017-61-4-185-190>
- ILO. Охрана труда в цифрах и фактах. Доступно: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/genericdocument/wcms_305834.pdf
- Аверьянова Н.С., Кара Л.А., Егорова О.В., Илюшина Н.А. Изучение первичных повреждений ДНК в костном мозге мышей при комбинированном действии пестицидов. *Токсикологический вестник*. 2021; 29(4): 14–21. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2021-29-4-14-21>
- Илюшина Н.А., Егорова О.В., Аверьянова Н.С., Масальцев Г.В., Ракитский В.Н. Генотоксичность модельных комбинаций действующих веществ пестицидов в тестах на бактериях *Salmonella typhimurium* и эритроцитах костного мозга мышей *in vivo*. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2019; 63(4): 193–8. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-4-193-198>
- Ракитский В.Н., ред. *Токсиколого-гигиеническая характеристика пестицидов и первая помощь при отравлении: справочник. Выпуск 3*. М.: Дашков и К^о; 2020.
- Липкина Л.И., Березняк И.В., Ильницкая А.В., Федорова С.Г. Пестициды и здоровье рабочих. *Защита и карантин растений*. 2001; (12): 36–7.
- Липкина Л.И., Михеева Е.Н., Березняк И.В. Сравнительная оценка риска для операторов при различных технологиях применения фипронилсодержащих пестицидных препаратов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; (2): 11–5.
- Ракитский В.Н., Березняк И.В., Ильницкая А.В. Модель оценки риска условий труда при применении пестицидов: итоги и развитие. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(11): 1041–4. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-11-1041-1044>
- Ильницкая А.В., Березняк И.В., Липкина Л.И., Федорова С.Г. Применение пестицидов в России и безопасность труда. В кн.: «Проблемы химической безопасности и управления факторами риска для здоровья населения»: *Материалы научно-практической конференции. Научные труды ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана, выпуск 14*. Нижний Новгород; 2004: 126–7.
- Золотникова Г.П., Ракитский В.Н., Рязанова Р.А. *Мониторинг здоровья работающих при сочетании воздействия пестицидов и физических факторов*. Брянск; 2000.
- Клепиков О.В., Мамчик Н.П., Габбасова Н.В., Калашников Ю.С. Влияние условий труда на состояние здоровья рабочих в тепличном производстве. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; (7): 21–4.
- Балан Г.М., Харченко О.А., Бубало Н.Н. Острые отравления сельскохозяйственных рабочих в Украине в условиях новых форм хозяйствования. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013; (12): 65–71.
- Новиков С.М., Додина Н.С., Шашина Т.А. Характеристика совместного действия химических веществ в современной методологии оценки риска здоровью. В кн.: *Современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека: Материалы Международного Форума Научного Совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященного 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина»*. Том 2. М.; 2016: 90–2.
- Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. *Вероятность и статистика в примерах и задачах. Том II: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения*. М.; 2010.
- Ракитский В.Н., Заволокина Н.Г., Березняк И.В. Вероятностная модель оценки и прогнозирования риска здоровью операторов при применении пестицидов в сельском хозяйстве. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 969–74. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-969-974>
- Ракитский В.Н., Михеева Е.Н., Гречина М.С. Биологический мониторинг как метод гигиенической оценки воздействия пестицидов на работающих. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 1004–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-1004-1008>
- Илюшина Н.А., Демидова Ю.В., Макарова М.А., Илюшин А.Г., Егорова О.В., Березняк И.В. и др. Цитоморфологический анализ эксфолиативных клеток буккального эпителия у работников, имеющих контакт с пестицидами. *Токсикологический вестник*. 2021; 29(4): 22–9. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2021-29-4-22-29>

References

- Damalos C.A., Eleftherohorinos I.G. Pesticide exposure safety issues, and risk assessment indicators. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2011; 8(5): 1402–19. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>
- Mrema E.J., Ngowi A.V., Kishinhi S.S., Mamuya S.H. Pesticide exposure and health problems among female horticulture workers in Tanzania. *Environ. Health Insights*. 2017; 11: 11178630217715237. <https://doi.org/10.1177/11178630217715237>
- Macharia I. Pesticides and health in vegetable production in Kenya. *Biomed. Res. Int.* 2015; 2015: 241516. <https://doi.org/10.1155/2015/241516>
- Bereznyak I.V., Rakitskiy V.N., Mikheeva E.N., Yarygin I.V. The risk to health of operators under application of pesticides in agriculture. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2017; 61(4): 185–90. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2017-61-4-185-190> (in Russian)
- ILO. Work safety in digits and facts. Available at: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/genericdocument/wcms_305834.pdf (in Russian)
- Rakitskiy V.N., Ilyushina N.A., Masaltsev G.V., Averyanova N.S., Egorova O.V., Revazova Y.A., et al. Mutagenic activity of mixture of herbicides ethofumesate, phenmedipham, and desmedipham in two strains of laboratory mice: CBA*С57BL/6 and CD-1. *Toxicol. Letters*. 2017; 280(S1): S174. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2017.07.485>
- Ilyushina N.A., Egorova O.V., Masaltsev G.V., Averyanova N.S., Revazova Y.A., Rakitskiy V.N., et al. Genotoxicity of mixture of imidacloprid, imazalil and tebuconazole. *Toxicol. Rep.* 2020; 7: 1090–4. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.08.021>
- Aver'yanova N.S., Kara L.A., Egorova O.V., Ilyushina N.A. The study of primary DNA damage in the bone marrow of mice under the combined action of pesticides. *Toksikologicheskii vestnik*. 2021; 29(4): 14–21. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2021-29-4-14-21> (in Russian)
- Ilyushina N.A., Egorova O.V., Aver'yanova N.S., Masal'tsev G.V., Rakitskiy V.N. Genotoxicity of pesticide active ingredients in tests on bacteria *Salmonella typhimurium* and mouse bone marrow erythrocytes *in vivo*. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2019; 63(4): 193–8. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-4-193-198> (in Russian)
- Rakitskiy V.N., ed. *Toxicological and Hygienic Characteristics of Pesticides and First Aid for Poisoning. Issue 3 [Toksikologo-gigienicheskaya kharakteristika pestitsidov i pervaya pomoshch' pri otravlenii: spravochnik. Vypusk 3]*. Moscow: Dashkov i K^o; 2020. (in Russian)
- Lipkina L.I., Bereznyak I.V., Il'nikskaya A.V., Fedorova S.G. Pesticides and workers' health. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2001; (12): 36–7. (in Russian)
- Lipkina L.I., Mikheeva E.N., Bereznyak I.V. Comparative evaluation of risk for operators in various technologies using fipronil-containing pesticides. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2017; (2): 11–5. (in Russian)
- Rakitskiy V.N., Bereznyak I.V., Il'nikskaya A.V. Model of the assessment of the risk of conditions of the work with the use of pesticides: results and development. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016; 95(11): 1041–4. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-11-1041-1044> (in Russian)
- Il'nikskaya A.V., Bereznyak I.V., Lipkina L.I., Fedorova S.G. Application of pesticides in Russia and occupational safety. In: *Problems of Chemical Safety and Management of Risk Factors for Public Health. Materials of the Scientific and Practical Conference. Scientific Works of the FNTSG named after F.F. Erisman, Issue 14 [«Problemy khimicheskoy bezopasnosti i upravleniya faktorami riska dlya zdorov'ya naseleniya»: Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Nauchnye trudy FNTSG im. F.F. Erismana, vypusk 14]*. Nizhniy Novgorod; 2004: 126–7. (in Russian)

15. Zolotnikova G.P., Rakitskiy V.N., Ryazanova R.A. *Monitoring of Health of the Pesticides Working at the Combined Influence and Physical Factors [Monitoring zdorov'ya rabotayushchikh pri sochetannom vozdeystvii pestitsidov i fizicheskikh faktorov]*. Bryansk; 2000. (in Russian)
16. Klepikov O.V., Mamchik N.P., Gabbasova N.V., Kalashnikov Yu.S. Influence of work conditions on health state of workers engaged into hothouse production. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016; (7): 21–4. (in Russian)
17. Lee S.J., Mulay P., Diebolt-Brown B., Lackovic M.J., Mehler L.N., Beckman J., et al. Acute illnesses associated with exposure to fipronil – surveillance data from 11 states in the United States, 2001–2007. *Clin. Toxicol. (Phila)* 2010; 48(7): 737–44. <https://doi.org/10.3109/15563650.2010.507548>
18. Balan G.M., Kharchenko O.A., Bubalo N.N. Acute poisoning of agricultural workers in Ukraine under new forms of management. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2013; (12): 65–71. (in Russian)
19. Novikov S.M., Dodina N.S., Shashina T.A. Characteristics of the combined action of chemicals in the modern methodology of health risk assessment. In: *Modern Methodological Problems of Studying, Evaluating and Regulating Environmental Factors Affecting Human Health. Materials of the International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Hygiene, dedicated to the 85th Anniversary of the FSBI «Research Institute of EC and State named after A.N. Sysin»*. Volume 2 [Sovremennye metodologicheskie problemy izucheniya, otsenki i reglamentirovaniya faktorov okruzhayushchey sredy, vliyayushchikh na zdorov'e cheloveka: Materialy Mezhdunarodnogo Foruma Nauchnogo Soveta Rossiyskoy Federatsii po ekologii cheloveka i gigiene okruzhayushchey sredy, posvyashchennogo 85-letiyu FGBU «NII ECh i GOS im. A.N. Sysina»]. Tom 2]. Moscow; 2016: 90–2. (in Russian)
20. Kel'bert M.Ya., Sukhov Yu.M. *Probabilism and Statistics in Examples and Problems. Volume II: Markov Chains as a Starting Point of the Theory of Random Processes and their Applications [Veroyatnost' i statistika v primerakh i zadachakh. Tom II: Markovskie tsepi kak otpravnyaya tochka teorii sluchaynykh protsessov i ikh prilozheniya]*. Moscow; 2010. (in Russian)
21. Rakitskiy V.N., Zavolokina N.G., Berezyak I.V. A probabilistic model for risk assessment and predicting the health risk of occupational exposure to pesticides in agriculture. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 969–74. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-969-974> (in Russian)
22. Rakitskiy V.N., Mikheeva E.N., Grechina M.S. Biological monitoring as a method of hygienic assessment of the impact of pesticides on workers. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 1004–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-1004-1008> (in Russian)
23. Ilyushina N.A., Demidova Yu.V., Makarova M.A., Ilyushin A.G., Egorova O.V., Berezyak I.V., et al. Cytogenetic analysis in exfoliated buccal epithelial cells of the workers who come into contact with pesticides. *Toksikologicheskiy vestnik*. 2021; 29(4): 22–9. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2021-29-4-22-29> (in Russian)
24. Zaunbrecher V., Hattis D., Melnick R., Kegley S., Malloy T., Froines J., et al. *Exposure and interaction: The Potential Health Impacts of Using Multiple Pesticides*. Los Angeles: Sustainable Technology & Policy Program; 2016. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33102.25929>