



Ракитский В.Н., Антипова В.И., Масальцев Г.В.

Гигиеническая оценка условий труда при применении фунгицида класса анилопириимидина

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

Введение. Ассортимент фунгицидов в сельском хозяйстве постоянно обновляется за счёт создания новых высокоэффективных, но умеренно токсичных пестицидов, которые позволяют минимизировать риски для работающих с ними.

Цель исследования — оценка риска для здоровья работающих при применении препаратов на основе пириметанила в сельском хозяйстве с использованием различных технологий.

Материалы и методы. Изучались условия труда при работе с препаратами на основе пириметанила обособленно или в смеси (пириметанил + флуопирам) в натуральных условиях: при наземном штанговом опрыскивании полевых культур; вентиляторного опрыскивания садовых культур; ранцевого опрыскивания томатов защищённого грунта (теплица), садовых и полевых культур в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ). Пробы воздуха рабочей зоны отбирали в зоне дыхания работающих с пестицидами (операторы и пользователи) с использованием аспирационных устройств марки ПУ-4Э на фильтры. До и после работы были проведены смывы со стандартных участков кожи оператора и пользователя, проведена идентификация пириметанила и флуопирама в пробах воздуха и смывов. Определён риск (КБсумм) по экспозиции комплексного (ингаляционного и дермального) воздействия пестицидов суммированием коэффициентов безопасности ингаляционного (КБинг) и кожного (КБд) поступления пестицидов (МУ 1.2.3017-12). Риск по поглощённой дозе (КБп) определяли соотношением поглощённой экспозиционной дозы пестицидов и допустимого суточного уровня экспозиции для оператора (ДСУЭО, мг/кг) и допустимой суточной дозы (ДСД, мг/кг м. т.).

Результаты. Установленные коэффициенты безопасности при оценке комплексного воздействия пириметанила по экспозиции (КБсумм — 0,08–0,11) и по поглощённой дозе (КБп — 0,002–0,007) позволяют считать допустимыми риски здоровью работающих и пользователей при условии строгого соблюдения регламентов и мер безопасности.

Заключение. Полученные результаты явились основанием для рекомендации препаратов на основе пириметанила к применению в сельскохозяйственном производстве на территории России.

Ключевые слова: пестициды; фунгициды; технологии применения; поглощённая экспозиционная доза; оценка риска

Для цитирования: Ракитский В.Н., Антипова В.И., Масальцев Г.В. Гигиеническая оценка условий труда при применении фунгицида класса анилопириимидина. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (7): 674–678. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-7-674-678>

Для корреспонденции: Антипова Валентина Ивановна, мл. науч. сотр. отд. гигиены труда Института гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Московская область, Мытищи, Россия. E-mail: antipovavi@fferisman.ru

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: Ракитский В.Н. — утверждение окончательного варианта статьи; Антипова В.И. — концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор первичных данных, статистический анализ данных, написание текста, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Масальцев Г.В. — проведение исследования, сбор первичных данных, написание некоторых разделов статьи, редактирование.

Поступила 26.04.2021 / Принята к печати 18.05.2021 / Опубликована 31.07.2021

Valerii N. Rakitskii, Valentina I. Antipova, Gleb V. Masaltsev

Hygienic assessment of working conditions under use of anilinopyrimidine fungicide

F.F. Erisman Federal Scientific Centre of Hygiene of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 141014, Moscow region, Mytishchi, Russian Federation

Introduction. An assortment of fungicides in agriculture is constantly being updated due to creating new highly effective but moderately toxic pesticide formulations that minimize the risks for those working with them. The study aimed to research working conditions and assess the risk for workers during the application of pyrimethanil-based plant protection products in agriculture using various technologies.

Materials and methods. Working conditions when using preparations based on pyrimethanil separately or in a mixture (pyrimethanil+fluopyram) in field conditions: during ground boom spraying of field crops; air blast spraying of horticultural crops; knapsack spraying of sheltered ground tomato (greenhouse), field and horticultural crops in individual subsidiary plots (PSP). Air samples of the working area were gathered in the breathing zone of those working with pesticides (operators and users) using PU-4E aspiration devices coupled with filters. Before and after work, swab samples were taken from common areas of the operator's and user's skin, and pyrimethanil and fluopyram were identified in air and swab samples. Total risk for the complex (inhalation and dermal) exposure (SFsum) was calculated by summing the safety factors of pesticide inhalation (SFinh) and dermal (SFd) income of pesticides (МУ 1.2.3017-12). The absorbed dose risk (SFab) was determined by the ratio of the absorbed exposure dose of pesticides and the permissible daily exposure level for the operator (PDELO, mg/kg) and the acceptable daily intake (ADI, mg/kg bw).

Results. The established safety factors when assessing the complex effect of pyrimethanil by exposure (SFexp — 0.08–0.11) and by absorbed dose (SFad — 0.002–0.007) allow considering the health risks for workers and consumers as permissible, subject to strict adherence to regulations and safety measures.

Conclusion. The obtained results are the basis for recommending pyrimethanil-based formulations for use in agricultural production in Russia.

Keywords: pesticides; fungicides; application technologies; absorbed exposure dose; risk assessment

For citation: Rakitskii V.N., Antipova V.I., Masaltsev G.V. Hygienic assessment of working conditions under use of anilinopyrimidine fungicide. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100 (7): 674–678. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-7-674-678> (In Russ.)

For correspondence: Valentina I. Antipova, MD, junior researcher of the Department of occupational hygiene of the Institute of hygiene, toxicology of pesticides and chemical safety of the F.F. Erisman Federal Scientific Centre of Hygiene of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 141014, Moscow region, Mytishchi, Russian Federation. E-mail: antipovavi@fferisman.ru

Information about the authors:

Rakitskii V.N., <https://orcid.org/0000-0002-9959-6507>; Antipova V.I., <https://orcid.org/0000-0002-9908-6590>; Masaltsev G.V., <https://orcid.org/0000-0003-1539-1633>

Contribution: *Rakitskii V.N.* – approval of the final version of the manuscript. *Antipova V.I.* – concept and design of the study, conduction of the study, primary data acquisition, statistical data analysis, writing of the manuscript, editing, approval of the final version of the manuscript, responsible for all of the sections of the manuscript. *Masaltsev G.V.* – conduction of the study, primary data acquisition, writing of some sections of the manuscript, editing. Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all co-authors.

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Received: April 26, 2021 / Accepted: May 18, 2021 / Published: July 31, 2021

Введение

В сельскохозяйственном производстве из применяемых средств защиты растений наиболее активно внедряются новые фунгициды [1]. Это вызвано тем, что грибковые патогены быстро адаптируются к воздействию применяемых пестицидов, вызывая формирование резистентности к ним и появление организмов с устойчивостью к действующим веществам разных химических классов [2]. Для решения данной проблемы международной торговой ассоциацией агрохимических компаний CropLife International (BASF, Bayer CropScience, Corteva, FMC Corp., Sumitomo и Syngenta) [3] был создан Комитет по вопросу фунгицидной резистентности (англ.: Fungicide Resistance Action Committee (FRAC)). Ежегодно FRAC публикует обновлённые версии рекомендаций по применению новых действующих веществ и фунгицидных препаратов на их основе с целью борьбы с грибковыми болезнями. На рынке появляется всё больше комбинированных фунгицидных препаратов, содержащих соединения не только разных химических классов, но и отличающихся механизмом действия.

Фунгициды разделены на 9 групп в соответствии с механизмом действия [4]. Пириметанил относится к классу анилинпиримидинов – системных фунгицидов, принадлежащих к группе ингибиторов биосинтеза белка. Анилинпиримидины, появившиеся на рынке в 1990-х годах [5, 6], фунгицидное действие оказывают путём проникновения в организм патогенов и подавления удлинения проростковых трубочек во время прорастания спор за счёт ингибирования биосинтеза незаменимой аминокислоты – метионина, что делает их уникальными среди существующих фунгицидов [6–8].

Наиболее часто пириметанил применяется совместно с флуопирамом, входящим в группу ингибиторов сукцинатдегидрогеназы (ИС). Соединения данной группы ингибируют сукцинатдегидрогеназу во II комплексе митохондриальной дыхательной цепи, являющейся функциональной составляющей цикла трикарбонных кислот (цикл Кребса), связанного с митохондриальным переносом электронов. Большинство ИС блокируют связывание убихинона [7]. К группе ИС принадлежат соединения 11 химических классов, включая пиридинил-этил-бензамиды, к которым относятся флуопирам [8]. В соответствии с FRAC Code List® 2020 [9] анилинпиримидины и пиридинил-этил-бензамиды относятся к категориям среднего и среднего-высокого риска с точки зрения появления резистентности соответственно. В связи с этим их включают в состав комбинированных препаратов, применяемых в Российской Федерации для борьбы с паршой, мучнистой росой, оидиумом, серой гнилью и альтернариозом на садовых культурах (яблоня, груша, виноград), полевых культурах (картофель), землянике, томатах открытого и защищённого грунтов [10].

Цель исследования – оценка риска для здоровья работающих при применении препаратов на основе пириметанила в сельском хозяйстве с использованием различных технологий.

Материалы и методы

Исследования по изучению условий труда при применении препаратов на основе пириметанила проведены с использованием наиболее распространённых техноло-

гий в сельском хозяйстве и личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) для обработки (опрыскивания) полевых и садовых культур.

Полевые культуры обрабатывали с использованием штанговых опрыскивателей AMAZONE UG 3000 special и ОП-2000, агрегатированных с тракторами Agrottron 165.7 и МТЗ 82. Обработку садовых культур проводили с использованием вентиляторных опрыскивателей KRUKOWIAK 2000 и ОПВ-2000, агрегатированных с тракторами МТЗ 82. В ЛПХ для обработки растений защищённого грунта, садовых и полевых культур применяли ручной опрыскиватель Gardena с баком ёмкостью 5 л.

Изучали условия труда при работе с препаратами на основе пириметанила или пириметанила с флуопирамом, которые в Российской Федерации регистрируются для применения в качестве фунгицида широкого спектра действия.

Пириметанил, системный фунгицид, в соответствии с действующей гигиенической классификацией пестицидов по степени опасности¹ относится к умеренно опасным веществам: острая пероральная токсичность (ЛД₅₀) для крыс 4150–5971 мг/кг, для мышей – 4665–5359; острая дермальная токсичность (ЛД₅₀) для крыс > 5000 мг/кг; острая ингаляционная токсичность (ЛК₅₀) для крыс > 1980 мг/м³ (4 ч); не обладает раздражающим действием на кожу и слизистую оболочку глаза; быстро выводится из организма и не имеет тенденции к накоплению в организме и тканях, по стойкости в почве – 3-й класс.

Допустимая суточная доза (ДСД) для человека – 0,2 мг/кг м. т.², ADI пириметанила для человека – 0,17 мг/кг м. т. (по данным ЕС), 0,2 мг/кг м. т. (по данным Codex Alimentarius), NOELch – 17 мг/кг [11].

Флуопирам, ограниченно системный фунгицид, в соответствии с действующей гигиенической классификацией пестицидов по степени опасности относится к умеренно опасным веществам: острая пероральная токсичность (ЛД₅₀) для крыс > 5000 мг/кг; острая дермальная токсичность (ЛД₅₀) для крыс > 2000 мг/кг; острая ингаляционная токсичность (ЛД₅₀) для крыс > 5112,5 мг/м³ (4 ч); не обладает раздражающим действием на кожу; вызывает умеренно выраженное раздражение слизистой оболочки глаз; стойкость в почве – 2-й класс.

Допустимая суточная доза (ДСД) для человека – 0,2 мг/кг м. т., ADI флуопирама для человека – 0,012 мг/кг м. т. (по данным ЕС), 0,01 мг/кг м. т. (по данным Codex Alimentarius) [11].

Препаративные формы в виде концентрата суспензии (КС) как на основе пириметанила, так и в смеси с флуопирамом по изученным показателям могут быть отнесены к 3-му классу опасности (умеренно опасное соединение).

Пробы воздуха рабочей зоны отбирали в зоне дыхания работающих с пестицидами (операторы и пользователи) с использованием аспирационных устройств марки ПУ-4Э (ТУ 4215-000-11696625, номер Госреестра 14531-03) на фильтры. До и после работы проведены смывы со стандартных

¹ Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности (Методические рекомендации № 2001/26 от 16.04.2001 г.).

² Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 2021.

участков кожи оператора и пользователя в соответствии с МУК 4.1.3220-14³ и МУ 1.2.3017-12⁴. В качестве смывающей жидкости применяли этиловый спирт.

Идентификацию пириметанила и флуопирама в пробах воздуха и смывов проводили в соответствии с МУК 4.1.2847-11⁵ и 4.1.3000-12⁶.

Все работы с фунгицидами выполняли с использованием средств индивидуальной защиты: х/б футболка, костюм защитный (куртка, полукомбинезон), кепка; для защиты кожи рук – х/б и резиновые перчатки, для защиты органов дыхания – респираторы 3М 8122 и РПГ-67.

Испытания осуществляли с соблюдением температурно-влажного режима, рекомендуемого для работы с пестицидами⁷: в день обработок температура воздуха от +10,7 до +30 °С, относительная влажность воздуха: 28–75%.

Поскольку пестициды могут воздействовать на работающих при комплексном поступлении в организм (ингаляционным и дермальным путём) [12], проводили оценку степени риска влияния пестицида на работающих в соответствии с МУ 1.2.3017-12 «Оценка риска воздействия пестицидов на работающих», рассчитывали коэффициенты безопасности по экспозиционным уровням в воздухе и на коже и по поглощённой дозе.

Риск (КБсумм) по экспозиции комплексного (ингаляционного и дермального) воздействия пестицидов определяли суммированием коэффициентов безопасности ингаляционного (КБинг) и кожного (КБд) поступления пестицидов. Риск ингаляционного поступления рассчитывали путём сравнения средней концентрации вещества с ОБУВ. Риск дермального поступления рассчитывал путём сравнения фактического содержания действующего вещества на коже (Дф, мг/см²) и ориентировочного допустимого уровня загрязнения кожных покровов (ОДУзкп, мг/см²), установленного по результатам токсикологического эксперимента.

Риск по поглощённой дозе (КБп) определяли соотношением поглощённой экспозиционной дозы пестицидов и допустимого суточного уровня экспозиции для оператора (ДСУЭО, мг/кг) и допустимой суточной дозы (ДСД, мг/кг м. т.). ДСУЭО для каждого вещества рассчитывается исходя из недействующей дозы (NOEL, мг/кг м. т.), установленной в хроническом токсикологическом эксперименте, ДСД утверждается в установленном порядке и представлена в СанПиН 1.2.3685-21. Риск для операторов и пользователей считается допустимым, если КБсумм и КБп ≤ 1.

Результаты

Исследования выполняли в соответствии с действующими методическими указаниями и гигиеническими рекомендациями, агрономическими регламентами [10]. В натуральных условиях при наземном штанговом опрыскивании препаратами на основе пириметанила или в смеси (пириметанил + флуопирам) с нормой расхода 1,2–2,5 л/га при заправке баков опрыскивателей и опрыскивании в воздухе рабочей зоны

оператора содержание пириметанила было ниже предела количественного определения. Учитывая данные по токсичности пириметанила, низкую летучесть, расчётная величина ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия) составляет 0,1 мг/м³. Среднее содержание пириметанила в воздухе рабочей зоны (Icp) оператора (с учётом ½ нижнего предела количественного обнаружения д. в.) составило 0,008 мг/м³ (см. таблицу). Риск ингаляционного воздействия пириметанила (КБинг) равен 0,078–0,08.

После заправки бака опрыскивателя и после штанговой обработки полевых культур пириметанил был обнаружен на кистях рук в количестве 0,195 мкг/смыв. С учётом реально обработанной площади (5 га) и максимальной дневной нормы площади обработки для полевых культур (50 га), согласно МУ 1.2.3017-12, расчётная фактическая кожная величина (Дф) пириметанила для оператора составила 0,00000175–0,00000224 мкг/см². ОДУзкп пириметанила, рассчитанная исходя из ЛД₅₀ – 5000 мг/кг, равна 0,0011 мг/см², КБд – 0,002.

Коэффициенты безопасности по экспозиции КБсумм пириметанила составили 0,08 при допустимом ≤ 1.

Поглощённая экспозиционная доза пириметанила (Дп) на уровне 0,00110–0,00116 мг/кг. Исходя из NOELch пириметанила – 17 мг/кг величина ДСУЭО составила 0,68 мг/кг. Риск по поглощённой дозе КБп – 0,002 при допустимом ≤ 1 (см. таблицу).

Полученные результаты свидетельствуют, что при данной технологии (штангового опрыскивания полевых культур препаратами на основе пириметанила с нормой расхода 450–1000 г/га) с соблюдением требований безопасности и регламентов применения риск для работающих допустим КБсумм – 0,08 и КБп – 0,002.

После проведения *вентиляторного опрыскивания* садовых культур с нормами расхода 1,2–2,5 л/га в пробах воздуха рабочей зоны оператора пириметанил не идентифицировался, в пробах смывов с кожных покровов работающих д. в. найдено после заправки бака опрыскивателя и после опрыскивания на коже лица, шеи и предплечий на уровне 0,11–0,15 мкг/смыв. Icp пириметанила – 0,0078–0,008 мг/м³ (см. таблицу), фактическая кожная экспозиция Дф – 0,00000112–0,00000211 мкг/см². Коэффициент безопасности при ингаляционном воздействии КБинг – 0,078–0,08. Риск дермального воздействия на работающих КБд – 0,001–0,002. Поглощённая экспозиционная доза пестицида Дп – 0,00109–0,00112 мг/кг. Риск комплексного (ингаляционного и дермального) воздействия пестицидов на организм работающих КБсумм – 0,08. Коэффициент безопасности по поглощённой дозе КБп – 0,002 (см. таблицу).

Установленные КБсумм – 0,08 и КБп – 0,002, менее 1, подтверждают допустимость риска при работе с пестицидами при данной технологии при условии соблюдения всех технологических и гигиенических регламентов и требований.

В личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) с помощью ручного опрыскивателя Gardena проводили ранцевое опрыскивание томатов защищённого грунта (теплица); опрыскивание слив и яблонь (садовые культуры); томатов, салата, капусты и роз (полевые культуры) с нормой расхода 1,2 л/га. В воздухе рабочей зоны пользователя во время обработки садовых культур в ЛПХ пириметанил был обнаружен в трёх пробах на уровне 0,006–0,05 мг/м³, при других обработках д. в. не обнаружено, среднее содержание пириметанила в воздухе рабочей зоны пользователей Icp – 0,0078–0,011 мг/м³. В смывах, выполненных с кожных покровов пользователей после приготовления рабочих растворов и после работы, пириметанил найден на лице, шее, кистях и предплечьях на уровне 0,11–0,52 мкг/смыв.

С учётом реального времени работы при гигиенической оценке препарата в условиях регистрационных испытаний (60 мин) и максимально допустимого времени

³ Методические указания «Гигиенический и аналитический контроль за загрязнением кожных покровов лиц, работающих с пестицидами» МУК 4.1.3220-14 (Утв. Глав. Гос. санитарным врачом Российской Федерации 02.09.2014 г.).

⁴ Оценка риска воздействия пестицидов на работающих: Методические указания (МУ 1.2.3017-12). 2012.

⁵ МУК 4.1.2847-11 «Измерение концентраций флуопирама в воздухе рабочей зоны и смывах с кожных покровов операторов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». Измерение концентраций действующих веществ пестицидов в воздушной среде и смывах с кожных покровов операторов: Сборник. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2011: 39–51.

⁶ Методические указания: «Методические указания по измерению концентраций пириметанила в воздухе рабочей зоны и смывах с кожных покровов операторов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». МУК 4.1.3000-12. 2012.

⁷ СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда».

Original article

Результаты определения пириметанила в воздухе рабочей зоны и на коже с оценкой риска для работающих
 The results of the determination of pyrimethanil in the air of the working area and on the skin with an assessment of the risk to workers

Норма расхода по пириметанилу, г/га Application rate (pyrimethanil), l/ha	Температура воздуха, °C Air temperature, °C	Влажность, % Humidity, %	Среднее содержание в воздухе рабочей зоны (1 ср), мг/м³ Mean workplace air concentration (1 mm), mg/m³	Фактическое содержание действующего вещества на коже (ДФ), мг/см² Factual skin concentration (DF), mg/cm²	Поглощённая экспозиционная доза (Дп), мг/кг Absorbed exposure dose (Dab), mg/kg	Риск ингаляционного воздействия (КБинг) Inhalation exposure risk (SFinh)	Риск кожного поступления (КБд) Dermal exposure risk (SFd)	Риск по экспозиции комплексного воздействия (КБсумм) Complex exposure risk (SFsum)	Риск по поглощённой дозе (КБп) Absorbed dose risk (SFab)	
450	17.2	75	0.008	0.00000224	0.00116	0.08	0.002	0.08	0.002	
Штанговое опрыскивание поля (пириметанил + флуопирам) <i>Boom field spraying (pyrimethanil + fluopyram)</i>										
1000	30	28	0.0078	0.00000175	0.00110	0.078	0.002	0.08	0.002	
Штанговое опрыскивание поля (пириметанил) <i>Boom field spraying (pyrimethanil)</i>										
450	18.0	65	0.008	0.00000112	0.00109	0.080	0.001	0.08	0.002	
Вентиляторное опрыскивание сада (пириметанил + флуопирам) <i>Garden air blast spraying (pyrimethanil + fluopyram)</i>										
1000	21.8	59	0.0078	0.00000211	0.00112	0.078	0.002	0.08	0.002	
1000	23.0	48	0.0078	0.00000144	0.00109	0.078	0.001	0.08	0.002	
Рапцевое опрыскивание – ЛПХ, защищённый грунт (пириметанил + флуопирам) <i>Personal subsidiary plot backpack spraying of greenhouse (pyrimethanil + fluopyram)</i>										
450	10.7	40	0.0078	0.00000044	0.00103	0.078	0.0004	0.078	0.005	
Рапцевое опрыскивание – ЛПХ, обработка сада (пириметанил + флуопирам) <i>Personal subsidiary plot backpack spraying of garden (pyrimethanil + fluopyram)</i>										
450	16	47	0.0110	0.00000036	0.00143	0.110	0.0003	0.11	0.007	
Рапцевое опрыскивание – ЛПХ, обработка томатов (пириметанил + флуопирам) <i>Personal subsidiary plot backpack spraying, tomatoes (pyrimethanil + fluopyram)</i>										
450	16.5	53	0.0031	0.00000050	0.00043	0.031	0.0005	0.032	0.002	

работы с пестицидами в условиях ЛПХ (60 мин) Дф равно 0,00000036–0,00000050 мкг/см². Ингаляционная и дермальная экспозиции пириметанила незначительны: КБинг – 0,078–0,031, КБд – 0,0003–0,0005. Величина суммарного коэффициента безопасности КБсумм – 0,032–0,11. Дп – 0,00043–0,00143 мг/кг; КБп – 0,002–0,007 (см. таблицу).

Риски для пользователей КБсумм на уровне 0,032–0,11 и КБп – 0,002–0,007 при допустимом ≤ 1 позволяют сделать вывод, что условия труда при применении препаратов на основе пириметанила в ЛПХ с соблюдением регламентов и мер безопасности соответствуют гигиеническим требованиям.

Действующее вещество флуопирам используется в комбинированных препаратах (в данном случае с пириметанилом) для расширения спектра действия пестицидов. В результате анализа всех используемых технологий флуопирам не обнаруживался в пробах воздуха рабочей зоны работающих, был обнаружен в пробах смывов пользователя после ранцевого опрыскивания в ЛПХ (теплица) на уровне 0,4–1,1 мкг/смыв. Коэффициенты безопасности по экспозиции КБсумм флуопирама составили 0,004–0,009 при допустимом ≤ 1 . Поглощённая экспозиционная доза флу-

опирама (Дп) на уровне 0,00036–0,00085 мг/кг. Исходя из NOELch флуопирама – 1,2 мг/кг м. т. величина ДСУЭО составила 0,2 мг/кг м. т. Риск по поглощённой дозе КБп – 0,002–0,012 при допустимом ≤ 1 .

Заключение

При условии соблюдения всех технологических и гигиенических требований в процессе исследований для операторов и пользователей при работе с препаратами, содержащими пириметанил, для штангового опрыскивания полевых культур, вентиляторного опрыскивания садовых культур, ранцевого опрыскивания в ЛПХ полевых и садовых культур, а также в условиях защищённого грунта можно считать допустимыми риски (по экспозиционному уровню и поглощённой дозе) здоровью работающих и пользователей.

Полученные результаты натуральных гигиенических исследований с оценкой риска для операторов и пользователей позволяют рекомендовать применение фунгицидов на основе пириметанила – действующего вещества нового поколения в сельскохозяйственной практике России с минимальным риском для работающих и населения.

Литература

(п.п. 1–9, 11 см. References)

10. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: Агрохим XXI; 2020.
12. Ракитский В.Н., Березняк И.В. Российская модель оценки риска для работающих с пестицидами: В кн.: *Материалы XI Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. Часть 2.* М.; 2012: 209–12.

References

1. McDougall P. *Evolution of the Crop Protection Industry Since 1960*. Midlothian, UK; 2018.
2. Cowen L.E., Sanglard D., Howard S.J., Rogers P.D., Perlin D.S. Mechanisms of antifungal drug resistance. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.* 2015; 5(7): a019752. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a019752>
3. CropLife.org. Members. Available at: <https://croplife.org/about/members/>
4. Kar S., Roy K., Leszczynski J. On applications of QSARs in food and agricultural sciences: history and critical review of recent developments. In: *Advances in QSAR Modeling*. Cham: Springer; 2017: 203–302.
5. Buchenauer H., Walker F., Gisi U., Müller U. Fungicides acting on amino acids and protein synthesis. *Modern Crop Protection Compounds*. New York: John Wiley and Sons Ltd. 2011: 693–714. <https://doi.org/10.1002/9783527619580.ch14>
6. Hirooka T., Ishii H. Chemical control of plant diseases. *J. Gen. Plant Pathol.* 2013; 79(6): 390–401. <https://doi.org/10.1007/s10327-013-0470-6>
7. FAO., World Health Organization. Joint Meeting of Pesticides Residues Report. Food & Agriculture Org.; 2005.
8. Rheinheimer J., Rieck H., Coqueron P.Y. Succinate dehydrogenase inhibitors. In: Kramer W., Schirmer U., Jeschke P., Witschel M., eds. *Modern Crop Protection Compounds*. Weinheim Wiley-VCH; 2012: 627–45.
9. Fungicide resistance action committee (FRAC). FRAC Code® List 2020.
10. *Handbook of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use on the Territory of the Russian Federation [Spravochnik pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii]*. Moscow: Agrochem XXI; 2020. (in Russian)
11. British Crop Production Council (BCPC). *The Pesticide Manual: A World Compendium*; 2018.
12. Rakitskiy V.N., Berезnyak I.V. Russian model of risk assessment for those working with pesticides: In: *Proceedings of the XI All-Russian Congress of Hygienists and Sanitary Doctors. Part 2 [Materialy XI Vserossiyskogo s'ezda gigienistov i sanitarnykh vrachey. Chast' 2]*. Moscow; 2012: 209–12. (in Russian)