



Артемова О.В., Тарасова Л.С., Ильницкая А.В., Липкина Л.И.

Гигиеническая оценка пестицидов на основе дифлубензурана при различных технологиях применения

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

Введение. Актуальной задачей современного периода в связи с широким внедрением новых препаративных форм пестицидов и способов их внесения в окружающую среду является минимизация риска воздействия пестицидов на здоровье работающих и населения. В этой связи увеличивается применение пестицидов, относящихся к малой и средней токсичности. Одними из таких являются препараты на основе дифлубензурана. Поэтому обязательным критерием оценки риска являются регистрационные испытания, которые осуществляются в несколько этапов — идентификация опасности, характеристика опасности, оценка экспозиции, характеристика риска.

Цель работы — оценить закономерности формирования риска дифлубензурана по экспозиции и по поглощённой дозе в зависимости от вида препаративной формы пестицидов при разных технологиях их внесения и регламентировать меры безопасного применения.

Материалы и методы. Полученные экспозиционные уровни инсектицидов на основе дифлубензурана в воздухе и на коже сравнивали с гигиеническими нормативами, рассчитанными и экспериментально установленными: ПДК ($\text{мг}/\text{м}^3$) в воздухе рабочей зоны и ОДУ ($\text{мг}/\text{см}^2$) загрязнения кожных покровов. Риск по экспозиционным уровням определяли по величине КБсумм. Риск воздействия инсектицидов на основе дифлубензурана для оператора/пользователя/заправщика/пилота/сигнальщика по поглощённой дозе, определяемый величиной коэффициента безопасности — КБп, так же как и по экспозиции — КБсумм, считался допустимым при величине КБсумм и КБп ≤ 1 .

Результаты. Представлены результаты анализа риска воздействия инсектицидов на основе дифлубензурана, изученные в натуральных условиях при применении 27 препаратов с разными препаративными формами и способами (технологиями) их внесения в окружающую среду. Риск воздействия инсектицидов по экспозиции (КБсумм) при всех технологиях является допустимым, риск по поглощённой дозе (КБп) оказался более значимым независимо от вида препаративной формы. Препараты в виде смачивающегося порошка являются более неблагоприятными для применения по сравнению с другими препаративными формами.

Заключение. Условия применения препаратов на основе дифлубензурана при технологиях наземного штангового и вентиляторного опрыскивания полевых и садовых культур, при обработке авиаметодом полевых и лесных культур, при обработке полевых и садовых культур в ЛПХ, при обработке в защищённом грунте шампиньонов, соблюдении регламентов и мер безопасности соответствуют гигиеническим требованиям.

Ключевые слова: пестициды; дифлубензуран; риск; экспозиция; поглощённая доза

Для цитирования: Артемова О.В., Тарасова Л.С., Ильницкая А.В., Липкина Л.И. Гигиеническая оценка пестицидов на основе дифлубензурана при различных технологиях применения. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (9): 917–922. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-917-922>

Для корреспонденции: Артемова Ольга Валерьевна, мл. науч. сотр. отд. гигиены труда ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи. E-mail: artemovaov@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: Артемова О.В. — сбор и обработка материала; Тарасова Л.С. — сбор и обработка материала, статистическая обработка, сбор литературных данных, написание текста; Ильницкая А.В. — концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; написание текста; Липкина Л.И. — редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поступила 15.06.2021 / Принята к печати 17.08.2021 / Опубликовано 20.09.2021

Olga V. Artemova, Liliya S. Tarasova, Aleksandra V. Ilnitskaya, Leonora I. Lipkina

Hygienic evaluation of diflubenzuron-based pesticides in various application technologies

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, Mytishchi, 141014, Russian Federation

Introduction. In connection with the widespread introduction of new preparative forms of pesticides and methods of their introduction into the environment, the urgent task of the modern period is to minimize the risk of exposure to pesticides on the health of workers and the population—the use of diflubenzuron of low and medium toxicity increases. Therefore, a mandatory criterion for assessing risk is registration tests, carried out during several stages — as hazard identification, hazard characterization, exposure assessment, risk characterization.

Purpose of work. To assess the regularities of the formation of the risk of diflubenzuron by exposure and by the absorbed dose, depending on the type of preparative form of pesticides with different technologies of their introduction and regulating safe use measures.

Materials and methods. The obtained exposure levels of insecticides based on diflubenzuron in the air and on the skin were compared with the hygienic standards calculated and experimentally established as follows: MPC (mg/m^3) in the air of the working area and approximate admissible level (AAL) (mg/cm^2) of skin contamination. The exposure level risk was determined by the safety level (SL) SL_{summ} value. The risk of exposure to insecticides based on diflubenzuron for the operator / user / refueller / pilot / signaller based on the absorbed dose, determined by the safety factor — SL_p , and the exposure — SB_{summ} , is considered acceptable when SL_{summ} and $SL_p < 1$.

Results. The paper presents the risk analysis results of the impact of diflubenzuron-based insecticides studied in natural conditions using 27 drugs with different preparative forms and methods (technologies) of their introduction into the environment. The risk of exposure to insecticides (SL_{summ}) for all technologies is acceptable SL. The risk of absorbed dose (SL_p) was more significant regardless of the type of formulation. Wettable powder formulations are more unfavourable to use than other formulations.

Conclusion. *The conditions for the use of preparations based on diflubenzuron in the technologies of ground boom spraying and fan spraying of field and horticultural crops, in the treatment of field and forest crops by the aerial method, in the treatment of field and horticultural crops in private household plots, in the treatment of champignons in protected ground, compliance with regulations and measures safety meet hygienic requirements.*

Keywords: *pesticides; diflubenzuron; risk; exposure; absorbed dose*

For citation: Artemova O.V., Tarasova L.S., Ilitskaya A.V., Lipkina L.I. Hygienic evaluation of diflubenzuron based pesticides in various application technologies. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100 (9): 917–922. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-917-922> (In Russ.)

For correspondence: Olga V. Artemova, MD, junior researcher of the department of occupational health 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, Mytishchi, 141014, Russian Federation. E-mail: artemovaov@fferisman.ru

Information about authors:

Artemova O.V., <https://orcid.org/0000-0002-6686-2450>; Tarasova L.S., <https://orcid.org/0000-0003-1631-8008>
Ilitskaya A.V., <https://orcid.org/0000-0002-1540-9189>; Lipkina L.I., <https://orcid.org/0000-0002-8984-4693>

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: Artemova O.V. – collection and processing material; Tarasova L.S. – collection and processing of material, statistical processing, collection of literature data, text writing; Ilitskaya A.V. – the concept and design of the study, writing text; Lipkina L.I. – editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Received: June 15, 2021 / Accepted: August 17, 2021 / Published: September 20, 2021

Введение

Современная служба гигиены труда базируется на теории управления профессиональными рисками, которая предполагает:

- выявление и систематизацию факторов профессионального риска;
- анализ и оценку состояния здоровья работников в связи с условиями труда;
- контроль динамики показателей риска и оценки эффективности их снижения.

Анализ риска с оценкой экспозиций служит одним из информативных показателей для прогнозирования возможных нарушений здоровья и профессиональных заболеваний.

В сельском хозяйстве остаётся достаточно низким уровень организации медицинского обслуживания, неудовлетворительное качество проведения периодических медицинских осмотров, направленных на раннее выявление начальных стадий заболеваний, связанных, в частности, с применением пестицидов.

Актуальной задачей современного периода в связи с широким внедрением новых препаративных форм пестицидов и способов их внесения в окружающую среду является минимизация риска воздействия пестицидов на здоровье работающих и населения.

В России, как и в большинстве развитых стран, оценка риска пестицидов входит в число обязательных регистрационных требований и осуществляется в несколько этапов, общепринятых в методологии оценки риска (идентификация опасности, характеристика опасности, оценка экспозиции, характеристика риска).

Одними из широко применяемых в сельском, лесном и личном подсобном хозяйствах являются пестициды, действующим веществом (ДВ) которых является дифлубензурон.

Дифлубензурон [3-(2,6-дифтробензоил)-1-(4-хлорфенил)-мочевина] – действующее вещество пестицидов, относится к химическому классу производных бензоилмочевины, инсектицид.

Дифлубензурон блокирует образование хитина, поэтому его действие направлено на класс членистоногих, у которых ростовые процессы сопровождаются синтезом хитина при переходе из одной стадии в другую [1]. Обладает ларвицидным и овицидным действием, активен против личиночных стадий.

При отсутствии у дифлубензурана фитотоксичности отмечается длительный срок сохранения его на листьях обработанных растений. Остаточные количества, состоящие исключительно из основного вещества, практически не смываются дождём [2].

В связи с плохой растворимостью в воде размер частиц дифлубензурана в препаративной форме имеет большое значение для биологической активности инсектицида. Установ-

лено, что активность препарата резко повышается с уменьшением размера частиц действующего вещества [2].

Препараты на основе дифлубензурана – селективного инсектицида третьего поколения гормонального действия [3], отличающегося по механизму действия от ранее применявшихся, зарегистрированы во многих странах мира как одни из основных инсектицидных препаратов для защиты плодовых садов и леса, их широко используют также для защиты овощных культур и грибов, уничтожения личинок комаров и мух, снижения численности саранчовых, в борьбе против большого числа хвоегрызущих и листогрызущих насекомых [4].

Благодаря малой токсичности, безопасности для окружающей среды и высокой биологической активности препараты на основе дифлубензурана рекомендованы ВОЗ для широкого применения [4].

Цель исследования – оценить закономерности формирования риска экспозиции и поглощённых доз дифлубензурана в зависимости от вида препаративной формы пестицидов при разных технологиях их внесения и регламентировать меры их безопасного применения.

Материалы и методы

Препараты на основе дифлубензурана относятся к 3-му классу опасности (умеренно опасные) для человека и ко 2-му классу опасности (высокоопасные) для пчёл [8]¹.

Дифлубензурон малотоксичен для теплокровных, птиц и человека, не кумулируется в организме, обладает слабо выраженным местнораздражающим и кожно-резорбтивным действием. В больших дозах оказывает влияние на активность ферментов. Характерной особенностью вещества является способность повышать уровень метгемоглобина в крови животных [5]². Выводится из организма с мочой и калом – в первые 24–48 ч в неизменённом виде, в течение 144 ч в виде метаболитов (сульфатные и глюкоронидные конъюгаты) [3, 6, 7].

Препараты на основе дифлубензурана производятся в различных препаративных формах: в виде водно-суспензионного концентрата (ВСК), смачивающегося порошка (СП), концентрата суспензии (КС), суспензионной эмульсии (СЭ), водно-диспергируемых гранул (ВДГ), масляной дисперсии (МД).

ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора в экспериментальных исследованиях в натуральных условиях изучены препараты на основе дифлубензурана при различных технологиях применения в сельском хозяйстве:

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

² СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда». Утв. Постановлением Глав. Гос. Сан. врача РФ от 02.12.2020 г. № 40.

при наземном штанговом опрыскивании полевых культур (паровое поле, земляника, капуста, ячмень яровой), при наземном вентиляторном опрыскивании садовых культур (яблони), при обработке полевых культур, дикой растительности и лесных насаждений авиаметодом, при обработке в защищённом грунте (шампиньоны). Также препараты на основе дифлубензурана изучены при применении в личном подсобном хозяйстве (ЛПХ) при ручной ранцевой обработке полевых (газон, сеянцы цветочных культур) и садовых (яблоня, декоративные кустарники) культур. Все исследования осуществляли с соблюдением температурно-влажностного режима, рекомендуемого для работы с пестицидами³.

Наземное штанговое опрыскивание полевых культур проводили с помощью опрыскивателей AMAZONE UG 3000, ОП-2000, RAU Vicon 3000, RAU 3000, агрегатированных с тракторами AGROTRON 165.7, МТЗ-80, МТЗ-82, John Deere 6.150 М, на площади 5 га. Заправку бака и опрыскивание выполнял один человек – тракторист (оператор).

Наземное вентиляторное опрыскивание садовых культур проводили с помощью опрыскивателей СЛВ-200, ОВ-2000, «Krukowiak 2000», агрегатированных с тракторами МТЗ-80, МТЗ-82. Площадь обработки 2–5 га. Заправку бака опрыскивателя и опрыскивание выполнял один человек – тракторист (оператор).

Авиационная обработка полевых культур и лесных насаждений проводилась с помощью самолёта Ан-2 и опрыскивателей ОС-1М и Ш 76-7000. При авиаобработке были заняты три человека: заправщик (подготовка рабочего раствора и заливка его в бак самолёта), пилот (опрыскивание, отслеживание расхода рабочего раствора в баке), сигнальщик (обозначение участка обработки в поле). Время обработки 60–90 мин.

Опрыскивание в защищённом грунте при выращивании шампиньонов проводили в стационарных камерах с помощью поливочной машины ОВК-20 покровной земли для выращивания шампиньонов. Время обработки 25 мин. Опрыскивание выполнял один человек – оператор.

Ранцевое опрыскивание в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) проводилось с помощью ручных ранцевых опрыскивателей «Robby-5», «Solo-10», «GRINDA AQVA SPRAY». Время работы – 1 ч. Заправку бака опрыскивателя и опрыскивание выполнял один человек – пользователь.

Все работы, связанные с заправкой баков и обработкой пестицидами культур при всех технологиях, выполняются с обязательным использованием средств индивидуальной защиты: спецодежды из хлопка или смесовой ткани (хлопок + полиэфиговое волокно), латексных/резиновых и хлопчатобумажных перчаток, головных уборов, защитных очков, респираторов типа РПГ-67, РУ-60М с патронами марки А, ЗМ с предфильтрами от пестицидов².

Институтом гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора разработан метод оценки риска, включающий унифицированные методические подходы по измерению и оценке реального загрязнения пестицидами воздуха рабочей зоны и кожных покровов, позволяющий оценить степень воздействия пестицидов на работающих по величине экспозиционных уровней и поглощённой дозе⁴.

Метод оценки риска пестицидов – вариант агрегированного риска, который определяет вероятность вредного для

здоровья эффекта в результате поступления одного химического вещества в организм человека различными путями, то есть при комплексном поступлении [9].

Для расчёта коэффициентов безопасности при комплексном (ингаляционном и дермальном) воздействии дифлубензурана по экспозиционным уровням (КБсумм) использована величина ПДК дифлубензурана в воздухе рабочей зоны – 3 мг/м³ и ОДУзкп (ориентировочно допустимый уровень загрязнения кожных покровов) дифлубензурана, равный 0,00043 мг/см², рассчитанный с учётом острой кожной токсичности (LD₅₀ > 2000 мг/кг) и коэффициента запаса 10, исходя из 3-го класса по острой кожной токсичности и 3–4-го класса по отдалённым эффектам [10]⁵.

Для расчёта риска по поглощённой дозе (КБп) установлен допустимый суточный уровень экспозиции для операторов (ДСУЭО), рассчитанный исходя из недействующей дозы вещества, установленной в хроническом эксперименте, и коэффициента запаса с учётом особенностей токсического действия дифлубензурана, и равный 0,08 мг/кг. При оценке риска пестицидов для пользователей при применении пестицидов в ЛПХ ДСУЭО равен ДСД дифлубензурана – 0,02 мг/кг⁴.

Риск для работающих считается допустимым при КБсумм и КБп ≤ 1⁴.

Результаты

Обобщённые результаты анализа риска воздействия пестицидов по экспозиции (КБсумм) и по поглощённой дозе (КБп) в натуральных условиях при применении разных препаративных форм пестицидов на основе дифлубензурана и способов (технологий) их внесения в окружающую среду представлены в табл. 1.

При наземном штанговом опрыскивании полевых культур исследовано 5 препаратов, отличающихся видом препаративной формы: в виде водно-суспензионного концентрата (ВСК), концентрата суспензии (КС), суспензионной эмульсии (СЭ) и смачивающегося порошка (СП). При оценке экспозиционных уровней и поглощённой дозы для тракториста при применении всех препаратов на основе дифлубензурана установлен допустимый риск: КБсумм – 0,0078–0,0779, КБп – 0,006–0,3.

При наземном вентиляторном опрыскивании садовых культур исследовано 6 препаратов в различных препаративных формах: смачивающегося порошка (СП), водно-диспергируемых гранул (ВДГ), суспензионной эмульсии (СЭ), концентрата суспензии (КС), масляной дисперсии (МД).

При оценке экспозиционных уровней и поглощённой дозы риск для тракториста при применении препаратов на основе дифлубензурана допустимый: КБсумм – 0,003–0,0198, КБп – 0,006–0,3.

При авиаметодом исследовано 9 препаратов в препаративных формах: СК, СП, ВДГ, КС и ВСК. Риск для работающих (заправщик, пилот, сигнальщик) при применении всех препаратов на основе дифлубензурана допустимый: КБсумм – 0,0018–0,028 (заправщик), КБсумм – 0,0018–0,01 (пилот), КБсумм – 0,0018–0,023 (сигнальщик); КБп – 0,0028–0,64 (заправщик), КБп – 0,0028–0,038 (пилот), КБп – 0,0028–0,062 (сигнальщик).

При обработке в ЛПХ исследовано 5 различных препаративных форм: ВСК, СЭ, КС, МД. Риск для пользователя при применении всех препаратов на основе дифлубензурана допустимый: КБсумм – 0,0013–0,0059; КБп – 0,0026–0,0171.

При выращивании шампиньонов в защищённом грунте исследован 1 препарат в виде СП. При оценке экспозиционных уровней и поглощённой дозы риск для оператора при применении препарата на основе дифлубензурана допустимый: КБсумм – 0,19, КБп – 0,75.

³ СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». Утв. Постановлением Глав. Гос. Сан. врача РФ от 28.01.2021 г. № 3.

⁴ МУ 1.2.3017-12. Оценка риска воздействия пестицидов на работающих: методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012.

⁵ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Утв. Постановлением Глав. Гос. Сан. врача РФ от 28.01.2021 г. № 2.

Таблица 1 / Table 1

Оценка риска по экспозиции и по поглощённой дозе при применении разных препаративных форм пестицидов на основе дифлубензурана

Risk assessment by exposure and absorbed dose when using different formulations of pesticides based on diflubenuron

Препаративная форма Preparative form		Расход по ДВ, г/га Consumption of the active substance, g/ha	КБсумм Safety level (SL) SLsumm	КБп SLp
<i>Наземное штанговое опрыскивание / Ground boom spraying</i>				
Водно-суспензионный концентрат	Water suspension concentrate	240	0.0134	0.0089
Смачивающийся порошок	Wettable powder	50	0.0779	0.3
Концентрат суспензии	Suspension concentrate	25	0.0124	0.0264
		36	0.0078	0.0175
Суспензионная эмульсия	Suspension emulsion	180	0.01	0.006
<i>Наземное вентиляторное опрыскивание / Ground fan spraying</i>				
Смачивающийся порошок	Wettable powder	500	0.0198	0.025
Водно-диспергируемые гранулы	Water dispersible granules	480	0.0099	0.0256
		480	0.0053	0.0064
Суспензионная эмульсия	Suspension emulsion	240	0.003	0.003
Концентрат суспензии	Suspension concentrate	180	0.0055	0.0168
Масляная дисперсия	Oil dispersion	270	0.0087	0.0177
<i>Рапцевое опрыскивание в ЛПХ / Knapsack spraying in private household plots</i>				
Водно-суспензионный концентрат	Water suspension concentrate	288	0.0058	0.017
		288	0.0059	0.0171
Суспензионная эмульсия	Suspension emulsion	180	0.0013	0.0026
		240	0.0013	0.0026
Концентрат суспензии	Suspension concentrate	80	0.0058	0.0071
Масляная дисперсия	Oil dispersion	270	0.0026	0.065
<i>Авиаобработка / Aerial method</i>				
Суспензионный концентрат	Suspension concentrate	12	0.024 ^З	0.066
		12	0.017 ^П	0.038
			0.023 ^С	0.062
Смачивающийся порошок	Wettable powder	25	0.028 ^З	0.64
		25	0.01 ^П	0.0144
		25	0.0053 ^С	0.026
		25	0.0074 ^З	0.0211
		25	0.0074 ^П	0.0211
		25	0.0074 ^С	0.0211
		35	0.0051 ^З	0.0061
		35	0.0039 ^П	0.0057
		35	0.0049 ^С	0.0061
		Водно-диспергируемые гранулы	Water dispersible granules	317
317	0.009 ^П			0.0256
	0.009 ^С			0.0256
124.8	0.006 ^З			0.0066
124.8	0.006 ^П			0.0066
	0.006 ^С	0.0066		
Концентрат суспензии	Suspension concentrate	25	0.0018 ^З	0.0028
		25	0.0018 ^П	0.0028
		25	0.0018 ^С	0.0028
		25	0.014 ^З	0.027
		25	0.0132 ^П	0.0267
		25	0.0132 ^С	0.0267
Водно-суспензионный концентрат	Water suspension concentrate	36	0.0065 ^З	0.0044
		36	0.0072 ^П	0.0042
		36	0.0105 ^С	0.0057
<i>Защищённый грунт при выращивании шампиньонов / Protected ground for mushroom cultivation</i>				
Смачивающийся порошок	Wettable powder	7.5	0.19	0.75

Примечание. Здесь и в табл. 2: З – заправщик; П – пилот; С – сигнальщик.

Note. Here and in Table 2: З – refueller; П – pilot; С – signaller.

Таблица 2 / Table 2

Оценка риска по экспозиции и поглощённой дозе при разных технологиях применения препаратов в виде смачивающегося порошка
Risk assessment by exposure and absorbed dose for different technologies of application of preparations in the form of a wettable powder

Технология применения Application technology	Расход по ДВ, г/га Consumption of the active substance, g/ha	Экспозиция Exposition			Риск Risk	
		Иср, мг/м ³ Iav, g/m ³	Дф., мкг/см ² Dph., Mkg/cm ²	Дп, мг/кг Dose absorbed (Dabs), mg/kg	КБсумм SLsumm	КБп SLp
Штанговое опрыскивание Boom spraying	50	0.0032	0.00689	0.02433	0.0779	0.3
Вентиляторное опрыскивание Fan spraying	500	0.0125	0.00678	0.002	0.0198	0.025
Авиаобработка Aerial method	25	0.3677 ³	0.07	0.0512	0.028	0.64
	25	0.015 ^п	0.0025	0.00208	0.01	0.0144
	25	0.0085 ^с	0.001	0.00115	0.0053	0.026
	25	0.0125 ³	0.00141	0.00169	0.0074	0.0211
	25	0.0125 ^п	0.00141	0.00169	0.0074	0.0211
	25	0.0125 ^с	0.00141	0.00169	0.0074	0.0211
	35	0.003 ³	0.00178	0.00049	0.0051	0.0061
	35	0.003 ^п	0.00125	0.00046	0.0039	0.0057
	35	0.003 ^с	0.00171	0.00048	0.0049	0.0061
Обработка в защищённом грунте (шампиньоны) Protected ground for mushroom cultivation	7.5	0.4	0.017	0.06026	0.19	0.75

Анализ полученных результатов показал, что общая оценка коэффициентов безопасности, характеризующих риск воздействия пестицидов на работающих при всех технологиях применения, свидетельствует о допустимом риске (КБсумм и КБп < 1) как по экспозиции (КБсумм – 0,001–0,0779), так и по поглощённой дозе (КБп – 0,003–0,75).

Риск по поглощённой дозе был более значимым при всех технологиях вне зависимости от вида препаративной формы пестицидов.

В табл. 2 представлены результаты анализа риска воздействия пестицида по экспозиции (КБсумм) и по поглощённой дозе (КБп) в натуральных условиях применения одной препаративной формы в виде смачивающегося порошка (СП) на основе дифлубензурана при разных технологиях обработки.

Смачивающимися порошками обычно называют порошкообразные препараты, при разбавлении которых водой образуются достаточно устойчивые суспензии [11].

При наземном штанговом опрыскивании полевых культур в воздухе рабочей зоны тракториста (оператора) препаратом в виде СП дифлубензурон обнаружен в 4 пробах из 6 максимально в количестве 0,74 мкг/м³; в смывах с кожных покровов различных участков тела оператора, выполненных после работы, дифлубензурон найден в 3 пробах смывов максимально в количестве 0,0014 мкг/см². Риск воздействия на оператора при наземном штанговом опрыскивании препаратом в виде СП является допустимым и равен КБсумм – 0,0779, что в 6–10 раз выше, чем для препаратов в виде ВСК, КС и СЭ. КБп равен 0,3, то есть в 11–50 раз выше, чем для препаратов в виде ВСК, КС и СЭ.

При наземном вентиляторном опрыскивании садовых культур в воздухе рабочей зоны тракториста (оператора) препаратом в виде СП дифлубензурон не обнаружен, в смывах с кожных покровов различных участков тела оператора, выполненных после работы, дифлубензурон обнаружен в 5 пробах смывов максимально в количестве 0,0011 мкг/см². Риск воздействия на оператора при наземном вентиляторном опрыскивании препаратом в виде СП является допустимым и равен КБсумм – 0,0198, что в 2–6 раз выше, чем для препаратов в виде ВДГ, КС, СЭ и МД. КБп равен 0,025, что в 1,5–4 раза выше, чем для препаратов в виде ВДГ, КС СЭ и МД.

При авиаобработке полевых культур исследовано 3 препарата в виде СП. В одном из них в воздухе рабочей зоны заправщика дифлубензурон обнаружен во всех 6 пробах максимально в количестве 7,8 мг/м³, в смывах с кожных покровов различных участков тела заправщика, выполненных после работы, дифлубензурон обнаружен в 4 пробах смывов из 5, максимально в количестве 0,0416 мкг/см². Риск воздействия на работающих при применении авиаметодом 3 препаратов в виде СП является допустимым и равен КБсумм – 0,0051–0,028 (заправщик), КБсумм – 0,0039–0,01 (пилот), КБсумм – 0,0049–0,0074 (сигнальщик). КБп – 0,0061–0,64 (заправщик), 0,0057–0,0144 (пилот), КБп – 0,0061–0,026 (сигнальщик).

При опрыскивании в защищённом грунте при выращивании шампиньонов препаратом в виде СП в воздухе рабочей зоны оператора дифлубензурон обнаружен в 6 пробах из 8 максимально в количестве 1,2 мг/м³, в смывах с кожных покровов оператора дифлубензурон обнаружен в 2 пробах максимально в количестве 0,01 мкг/см². Риск воздействия на оператора при применении в защищённом грунте при выращивании шампиньонов препаратом в виде СП является допустимым (КБсумм – 0,19, КБп – 0,75).

Таким образом, препараты на основе дифлубензурана в виде СП являются более неблагоприятными по сравнению с другими препаративными формами при применении способом наземного штангового и вентиляторного опрыскивания, а также при авиаобработке и применении в условиях защищённого грунта.

Обсуждение

Разработанная во ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора единая научно обоснованная модель оценки риска пестицидов позволила создать систему гигиенической оценки безопасности пестицидов для работников сельского хозяйства, пользователей личных подсобных хозяйств и других отраслей промышленности Российской Федерации. Гигиенические требования к безопасному применению пестицидов формируются на стадии обязательных регистрационных испытаний, в процессе которых экспозиции пестицидов в воздухе и на коже должны быть

сопоставимы с гигиеническими нормативами ПДК/ОБУВ³ и ПДК/ОДУ загрязнения кожных покровов⁶. Именно по результатам гигиенических исследований в период регистрационных испытаний выявленный недопустимый риск ряда препаратов, в том числе в виде смачивающих порошков, не позволил рекомендовать их применение на территории Российской Федерации.

В настоящее время заметно сокращены производство и поставка смачивающихся порошков пестицидов, при использовании которых существует реальный риск загрязнения окружающей среды и воздуха рабочей зоны операторов, занятых на этих работах [12]. Новой формой смачивающихся порошков являются текучие суспензии, которые представляют собой микрогранулы, распадающиеся в воде с образованием стойкой суспензии. Препараты в такой форме удобны в обращении, кроме того, исключается возможность их пыления при работе, в том числе при заправке баков. Текучие суспензии получают так же, как и обычные гранулированные препараты [11].

Современный этап применения пестицидов в сельском хозяйстве характеризуется более низкими реальными концентрациями и уровнями воздействия пестицидов, что свидетельствует об эффективности мер профилактики и своевременной регламентации условий применения новых препаративных форм и технологий.

Создание пестицидных препаратов нового поколения, в том числе в наноформах, современной сельскохозяйственной техники и новых технологических приёмов применения пестицидов требует постоянного совершенствования научно-методического обеспечения изучения различных аспектов гигиены их применения, токсикологии, классификации опасности, оценки риска для работающих, направленных на снижение негативного воздействия пестицидов. Одним из

важнейших звеньев первичной профилактики неблагоприятного влияния пестицидов является обучение работающих. Его основной целью является формирование необходимого минимума знаний о пестицидах как ядах и их воздействии на человека, мерах безопасности в процессе хранения, транспортировки и применения пестицидов^{1,4}.

Заключение

Проведённый анализ риска воздействия 27 препаративных форм пестицидов на основе действующего вещества дифлубензурана по экспозиции и по поглощённой дозе при разных технологиях обработки в сельском и лесном хозяйствах, в условиях ЛПХ и защищённого грунта показал, что коэффициенты безопасности свидетельствуют о допустимом риске как по экспозиции (КБсумм = 0,001–0,0779), так и по поглощённой дозе (КБп = 0,003–0,75).

Сделан вывод, что условия применения препаратов на основе дифлубензурана при технологиях наземного штангового и вентиляторного опрыскивания полевых и садовых культур, при обработке авиаметодом полевых и лесных культур, при обработке полевых и садовых культур в ЛПХ, при обработке в защищённом грунте шампиньонов, соблюдении регламентов и мер безопасности соответствуют гигиеническим требованиям¹.

Препараты соответствуют действующим в Российской Федерации санитарным нормам и правилам и «Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), раздел 15 (Утверждены решением комиссии Таможенного союза)^{4,5}.

Дальнейшее развитие и решение проблемы безопасного применения пестицидов на основе дифлубензурана в сельском хозяйстве должно быть основано на внедрении общей методологии для всех пестицидов с акцентом на проведение санитарно-эпидемиологического мониторинга показателей здоровья различных категорий сельского населения в связи с различной пестицидной нагрузкой.

⁶ Методические указания «Гигиенический и аналитический контроль за загрязнениями кожных покровов лиц, работающих с пестицидами» МУК 4.1.3220-14 (Утв. Глав. Гос. санитарным врачом Российской Федерации 02.09.2014 г.).

Литература

1. Степанычева Е.А., Сазонов А.П. Димилин – инсектицид настоящего и будущего. *Защита и карантин растений*. 2010; (4): 55–8.
2. Кутеев Ф.С., Ляшенко Л.И., Пучкова И.И. Применение пиретроидов и димилина в лесном хозяйстве СССР и за рубежом. В кн.: *Охрана и защита леса. Выпуск I*. М.: ЦБНТИлесхоз; 1986.
3. Белов Д.А. *Химические методы и средства защиты растений в лесном хозяйстве и озеленении. Учебное пособие для студентов*. М.: МГУЛ; 2003.
4. Зинченко В.А. *Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность*. М.: Колос С; 2005.
5. Вайтекунене Д.Ю., Забулите Д.П. Комплексное гигиеническое нормирование фунгицида сапроля. В кн.: *Сборник научных трудов «Вопросы сельской гигиены и эпидемиологии»*. Вильнюс: Москлас; 1988.
6. Мельников Н.Н., Новожилов К.В., Белан С.Р. *Пестициды и регуляторы роста растений: справочник*. М.: Химия; 1995.
7. Diflubenzuron; Pesticide Tolerances. Action: Final rule. Federal Register. 1999; 64(74): 19051–55.
8. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: Листерра; 2020.
9. Р 2.1.10.1020-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.; 2009.
10. Ракитский В.Н., ред. *Токсиколого-гигиеническая характеристика пестицидов и первая помощь при отравлении. Справочник*. М.: Агрорус; 2011.
11. Справочник химика 21. «Химия и химическая технология». Доступно по: <https://www.chem21.info/info/276171/>
12. Ракитский В.Н., Терешкова Л.П., Чхвиркия Е.Г., Епишина Т.М. Основы обеспечения безопасного применения пестицидов. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2020; 64(1): 45–50. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2020-64-1-45-50>

References

1. Stepanycheva E.A., Sazonov A.P. Dimilin – insecticide of the present and future. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2010; (4): 55–8. (in Russian)
2. Kuteev F.S., Lyashenko L.I., Puchkova I.I. Application of pyrethroids and dimilin in forestry of the USSR and abroad. In: *Protection of the Forest [Okhrana i zashchita lesa. Vypusk I]*. Moscow: TsBNTIleskhoz; 1986. (in Russian)
3. Belov D.A. *Chemical Methods and Means of Plant Protection in Forestry and Gardening. A Textbook for Students [Khimicheskie metody i sredstva zashchity rasteniy v lesnom khozyaystve i ozelenenii. Uchebnoe posobie dlya studentov]*. Moscow: MGUL; 2003. (in Russian)
4. Zinchenko V.A. *Chemical Plant Protection: Products, Technology and Environmental Safety [Khimicheskaya zashchita rasteniy: sredstva, tekhnologiya i ekologicheskaya bezopasnost']*. Moscow: Kolos S; 2005. (in Russian)
5. Vaytekenune D.Yu., Zabulite D.P. Comprehensive hygienic rationing of the saprol fungicide. In: *Collection of Scientific Papers «Questions of Rural Hygiene and Epidemiology» [Voprosy sel'skoy gigieny i epidemiologii. Sbornik nauchnykh trudov]*. Vil'nyus: Mosklas; 1988. (in Russian)
6. Mel'nikov N.N., Novozhilov K.V., Belan S.R. *Pesticides and Plant Growth Regulators: a Reference Book [Pestitsidy i regulatory rosta rasteniy: spravochnik]*. Moscow: Khimiya; 1995. (in Russian)
7. Diflubenzuron; Pesticide Tolerances. Action: Final rule. Federal Register. 1999; 64(74): 19051–55.
8. Directory of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation. Moscow: Listerra; 2020. (in Russian)
9. R 2.1.10.1020-04. Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment. Moscow; 2009. (in Russian)
10. Rakitskiy V.N., ed. *Toxicological and Hygienic Characteristics of Pesticides and First Aid in Case of Poisoning. Handbook [Toksikologo-gigienicheskaya kharakteristika pestitsidov i pervaya pomoshch' pri otravlenii. Spravochnik]*. Moscow: Agrorus; 2011. (in Russian)
11. Chemist's Handbook 21. «Chemistry and Chemical Technology». Available at: <https://www.chem21.info/info/276171/> (in Russian)
12. Rakitskiy V.N., Tereshkova L.P., Chkhvirkia E.G., Epishina T.M. Fundamentals of ensuring the safe application of pesticides. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2020; 64(1): 45–50. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2020-64-1-45-50> (in Russian)