

Ракитский В.Н., Березняк И.В., Антипова В.И., Вещемова Т.Е.

Гигиеническая оценка условий труда при протравливании семян с использованием различной техники

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Протравливание пестицидами семенного материала — одна из важнейших технологических операций при выращивании сельскохозяйственных культур. Высокое качество протравливания достигается в том числе равномерностью обработки пестицидами, которая в значительной степени зависит от технических средств и способов их применения. Для протравливания семенного материала в Российской Федерации применяют машины четырёх основных типов: барабанные, шнековые, камерные и ротационные. В настоящей работе представлены результаты гигиенических исследований по оценке риска для операторов при работе на различных протравочных машинах с использованием инсектицидных препаратов на основе тиаметоксама, относящегося к классу неоникотиноидов.

Цель исследования — гигиеническая оценка условий труда и риска воздействия инсектицидов на основе тиаметоксама при предпосевной обработке семян с использованием протравочных машин различных типов и при высеве обработанных семян.

Материалы и методы. В рамках исследования проведён мониторинг воздушной среды и анализ загрязнения кожных покровов у операторов и помощников, работающих с машинами ПС-10, ПС-20, PETKUS, RH-800 и SATEC. Также рассмотрены условия труда при использовании сельскохозяйственной техники при посеве протравленного материала.

Результаты. Показано, что при соблюдении регламентов и применении средств индивидуальной защиты уровень экспозиции не превышает допустимых значений в воздухе и ориентировочных допустимых уровней на коже. Однако при высеве семян уровень воздействия на сеяльчиков может значительно превышать аналогичные показатели для операторов протравочных машин.

Ограничения исследования. Учитывая множество факторов, влияющих на формирование экспозиционных уровней тиаметоксама, экстраполировать полученные данные возможно только при применении препаратов на его основе с использованием подобных технологий.

Заключение. При протравливании и высеве посевного материала независимо от способа протравливания при соблюдении требований безопасности, регламентов применения препаратов, при работе на исправной отрегулированной технике риск воздействия изученных пестицидов является допустимым.

Ключевые слова: пестициды; протравливание; протравочные машины; поглощённая доза; экспозиционные уровни; оценка риска

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике.

Для цитирования: Ракитский В.Н., Березняк И.В., Антипова В.И., Вещемова Т.Е. Гигиеническая оценка условий труда при протравливании семян с использованием различной техники. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(9): 1172–1178. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-9-1172-1178> <https://elibrary.ru/ajkypc>

Для корреспонденции: Березняк Ирина Владиславовна, e-mail: bereznyak.iv@fncg.ru; Вещемова Татьяна Евгеньевна, e-mail: veshchemova.te@fncg.ru

Участие авторов: Ракитский В.Н. — научное руководство; Березняк И.В. — научное руководство, концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, анализ и интерпретация результатов, статистическая обработка, написание текста; Антипова В.И. — концепция и дизайн исследования, сбор материала, обработка и визуализация данных, анализ и интерпретация результатов, написание текста; Вещемова Т.Е. — сбор данных литературы, обработка данных, написание текста. *Все соавторы* — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

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

Финансирование. Исследование выполнено в рамках отраслевой программы Роспотребнадзора «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России» (2021–2025 гг.).

Поступила: 27.05.2025 / Поступила после доработки: 04.06.2025 / Принята к печати: 26.06.2025 / Опубликовано: 20.10.2025

Valerii N. Rakitskii, Irina V. Bereznyak, Valentina I. Antipova, Tatiana E. Veshchemova

Hygienic assessment of working conditions during seed treatment using various equipment

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Seed treatment with pesticides is one of the most important technological operations in the cultivation of agricultural crops. The main components of high-quality seed treatment are the uniform distribution of pesticides and the preservation of seed viability, both of which largely depend on the technical equipment and application methods used. In the Russian Federation, four main types of seed treatment machines are currently employed: drum, auger, chamber, and rotary. This paper presents the results of hygienic studies assessing occupational risk for operators working with different seed treatment machines using insecticidal preparations based on thiamethoxam, a neonicotinoid-class compound. Neonicotinoids are synthetically produced derivatives of the alkaloid nicotine. Provided, that safety regulations and operational guidelines are followed, the risk of pesticide exposure for operators remains within hygienic standards across all treatment technologies.

The purpose of this study. To perform a hygienic assessment of working conditions and the risk of exposure to thiamethoxam-based insecticides during pre-sowing seed treatment using various seed treating machines and sowing of treated seeds.

Materials and methods. The study included monitoring of air quality and dermal exposure among operators and assistants working with PS-10, PS-20, PETKUS, RH-800, and SATEC machines. During the sowing of treated seeds with using agricultural machinery working conditions were also examined.

Results. Under compliance with regulations and the use of personal protective equipment, the level of exposure was demonstrated to not exceed permissible limits. However, during sowing, exposure levels for seeders may significantly exceed those observed in operators of seed treatment machines.

Limitations. Given the numerous factors influencing the formation of thiamethoxam exposure levels, extrapolation of the obtained data is only possible when using thiamethoxam-based formulations employing similar technologies.

Conclusion. During both seed treatment and sowing, regardless of the treatment method used, adherence to safety protocols, pesticide application guidelines, and proper machine maintenance ensures the risk of exposure to the studied pesticides to remain within acceptable limits.

Keywords: pesticides; seed treatment; seed dressing machines; absorbed dose; exposure levels; risk assessment

Compliance with ethical standards. The study does not require a biomedical ethics committee opinion.

For citation: Rakitskii V.N., Bereznyak I.V., Antipova V.I., Veshchemova T.E. Hygienic assessment of working conditions during seed treatment using various equipment. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2025; 104(9): 1172–1178. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-9-1172-1178> <https://elibrary.ru/ajkypc> (In Russ.)

For correspondence: Irina V. Bereznyak, e-mail: bereznyak.iv@fncg.ru; Tatiana E. Veshchemova, e-mail: veshchemova.te@fncg.ru

Contribution: Rakitskii V.N. — scientific guidance; Bereznyak I.V. — concept and design of research, material collection and data processing, analysis and interpretation of results, statistical processing, text writing; Antipova V.I. — concept and design of research, collection of material, data processing and visualization, analysis and interpretation of results, text writing; Veshchemova T.E. — literature data collection, data processing, text writing. 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.

Funding. The study was carried out within the framework of the Rospotrebnadzor 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 Russian population” (2021–2025).

Received: May 27, 2025 / Revised: June 4, 2025 / Accepted: June 26, 2025 / Published: October 20, 2025

Введение

Предпосевная обработка семян (протравливание) — один из ключевых этапов агротехнологического цикла, направленный на защиту будущих посевов и обеспечение высокого урожая. В процессе протравливания применяются инсектициды и фунгициды, предотвращающие повреждение семян и всходов вредителями и патогенами. Эффективность обработки зависит не только от свойств используемых пестицидов, но и от соблюдения технологии их применения.

Агроном определяет способ и норму расхода препаратов в соответствии с Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов [1]. Метод протравливания выбирается с учётом культуры, объёма семенного материала и характеристик семян. Протравливающая техника должна обеспечивать точную дозировку, равномерное покрытие семян препаратом и минимальное травмирование посадочного материала, так как повреждение оболочек может снизить всхожесть.

Широко распространённым классом инсектицидов для обработки семян являются неоникотиноиды — синтетические аналоги никотина. Неоникотиноидные пестициды представляют собой класс нейрорактивных пестицидов, которые действуют на никотиновые ацетилхолиновые рецепторы центральной нервной системы насекомых [2]. По сравнению с фосфорорганическими и карбаматными инсектицидами [3] неоникотиноиды обладают низкой токсичностью для нецелевых организмов и высокой селективностью, что сделало их одними из самых продаваемых инсектицидов в мире [4]. С момента выхода на рынок первого неоникотиноидного инсектицида имидаклоприда в начале 1990-х годов семь основных неоникотиноидов (имидаклоприд, ацетамиприд, клотианидин, динотефур, нитенпирам, тиаклоприд и тиаметоксам) были одобрены для использования более чем в 120 странах мира [5]. По оценке некоторых исследователей, к 2014 г. мировые годовые продажи неоникотиноидов превысили 3 млрд долларов, что составляет четверть рынка инсектицидов. Препараты на основе неоникотиноидов эффективны против широкого спектра насекомых, обладают системным действием и быстро проникают в ткани растений [6].

Однако в 2018 г. Европейское агентство по безопасности продуктов питания (EFSA) опубликовало отчёт, подтверждающий высокую токсичность неоникотиноидов для пчёл и других опылителей [2], вслед за этим Европейский союз принял решение о запрете наружного применения трёх основных неоникотиноидов [8–10]. Тем не менее в России применение препаратов на основе тиаметоксама разрешено, он используется как в однокомпонентных препаратах, так и в составе комплексных средств для защиты растений [1].

Тиаметоксам обеспечивает длительное системное действие, устойчив к влиянию внешней среды (ультрафиолет, высокая температура, низкая влажность), что делает его незаменимым в условиях повышенной климатической нагрузки [7, 11]. В ряде стран он также продолжает использо-

ваться. Например, в Великобритании в 2021 г. применение его было временно разрешено для защиты посевов сахарной свёклы от вируса желтухи, распространяемого тлями, однако в 2025 г. заявка на применение препарата на основе тиаметоксама не была одобрена министерством [12].

Наряду с инсектицидами важнейшую роль в защите растений играют фунгициды, такие как флудиоксонил (класс фенилпирролов), дифеноконазол (класс коназолов), тебуконазол (класс триазолов), металаксил-М (класс анилидов) и др. Комбинированные препараты, сочетающие инсектицидное и фунгицидное действие, обеспечивают комплексную защиту от широкого спектра патогенов и вредителей на ранних стадиях роста растений. Оптимальной формой препарата для протравливания являются суспензии, обеспечивающие равномерное распределение по поверхности семян, особенно гладких (кукуруза, подсолнечник, горох, соя) и снижающие запылённость воздуха, что улучшает условия труда персонала [12].

Протравливание выполняют специально обученные работники, прошедшие медицинский отбор и инструктаж по технике безопасности. Обработка проводится в оборудованных помещениях с системой вентиляции или на специально подготовленных открытых площадках. Тем не менее риски для здоровья сохраняются не только при применении препарата, но и при последующем хранении, транспортировке и посеве обработанных семян.

Рабочие подвергаются ингаляционному и дермальному воздействию пестицидов, но в ряде случаев не относятся к категории работников, занятых на вредных производствах, и не проходят обязательных медицинских осмотров. Это создаёт дополнительные риски для здоровья и требует пересмотра оценки условий труда работающих с протравленными семенами.

Цель исследования — оценка риска для здоровья работников, занятых предпосевной обработкой семян и высевом протравленного семенного материала с использованием различных видов протравочной техники и сельскохозяйственных машин.

Материалы и методы

Для оценки риска были изучены условия труда работающих в сельском хозяйстве на протравливающих машинах с применением различных протравливателей и высеве протравленных семян на полях с использованием специальной техники.

Исследования проведены при использовании следующих протравочных установок:

- машины серии ПС-10, ПС-20 (универсальные шнековые протравливатели, предназначенные для обработки зерновых и технических культур жидкими препаратами и суспензиями);
- порционный протравливатель компании PETKUS, предназначенный для непрерывной обработки семенного материала всех типов жидкими и суспензированными препаратами;

- барабанная система проточной обработки семян серии RH-800, подходящая для обработки зерновых, сои, риса, хлопчатника и подсолнечника как жидкими, так и сухими препаратами;
- ротационная установка SATEC, работающая в закрытом помещении завода, обеспечивающая высокую равномерность нанесения препаратов на семена всех видов.

Как правило, при протравливании на одной установке в процессе задействованы два человека (оператор и помощник), при высеве — также двое (сеяльщик и тракторист).

Все работы выполнялись с использованием средств индивидуальной защиты: хлопчатобумажная футболка, костюм защитный (куртка, полукombineзон), кепка; для защиты кожи рук — хлопчатобумажные и резиновые перчатки, для защиты органов дыхания — респираторы 3М 9922 или РПГ-67.

Высев протравленного семенного материала выполняли с использованием сельскохозяйственной техники: сеялки KVERNELAND U-drill plus, агрегатированной с трактором John Deere 8330; сеялки Vaderstad RAPID 300C, агрегатированной с трактором Valtra T234, и др. Наряду с трактористами в этом процессе были заняты сеяльщики, в обязанности которых входила загрузка сеялки зерном или семенами вручную из мешков и, в некоторых случаях, наблюдение за работой сеялки во время сева. Реже загрузка сеялки осуществлялась с помощью автопогрузчика (ЗАУ-3).

Оценку условий труда и экспозиции проводили при работе с однокомпонентными препаратами на основе инсектицида тиаметоксама и многокомпонентными препаратами, содержащими тиаметоксам и несколько действующих веществ класса фунгицидов (флудиоксонил, дифеноконазол, тебуконазол, мефеноксам и др.).

Смесевые препараты позволяют расширить спектр действия и усилить эффект против болезней растений, снижая количество обработок и, следовательно, пестицидную нагрузку.

Тиаметоксам стимулирует рост растений, это свойство обеспечивает их быстрое однородное развитие, устойчивость к неблагоприятным почвенным условиям. Входящие в состав протравители фунгициды обеспечивают длительную защиту прорастающих семян от различных грибковых болезней растений вплоть до кушения [13].

Системный инсектицид Тиаметоксам, согласно действующей гигиенической классификации пестицидов, по степени опасности¹ относится к умеренно опасным веществам, не летуч, средняя смертельная доза (далее — ЛД₅₀) перорально — 870 мг/кг м. т., ЛД₅₀ дермально > 2000 мг/кг м. т., средняя смертельная концентрация (ЛК₅₀) при ингаляционном поступлении — 3700 мг/м³, недействующая доза в хроническом эксперименте (NOELch) тиаметоксама — 2,6 мг/кг м. т. [14].

Многокомпонентные препараты, содержащие наряду с тиаметоксамом фунгициды, большинство из которых умеренно опасны для человека при остром воздействии, могут проявлять при хроническом поступлении отрицательное воздействие в виде общетоксических и отдалённых эффектов.

Для оценки комплексного поступления действующих веществ ингаляционным и дермальным путями во время работы отбирали пробы воздуха рабочей зоны с использованием аспирационных устройств марки ПУ-4Э (ТУ 4215-000-11696625, номер Госреестра 14531-03) на фильтры. Смывы выполняли со стандартных участков кожи работающих в соответствии с МУК 4.1.3220—14² и МУ 1.2.3017—12³. В качестве смывающей жидкости применяли этиловый спирт. Мониторинг содержания пестицидов в воздухе проводили с использованием утверждённых методов измерения концентраций действующих веществ.

¹ МР. 1.2.0235—21 «Гигиеническая классификация пестицидов и агрохимикатов по степени опасности» (утв. Глав. гос. санитарным врачом Российской Федерации 15.02.2021 г.).

² МУК 4.1.3220—14 «Гигиенический и аналитический контроль за загрязнением кожных покровов лиц, работающих с пестицидами» (Утв. Глав. гос. санитарным врачом РФ 02.09.2014 г.).

³ МУ 1.2.3017—12 «Оценка риска воздействия пестицидов на работающих» (Утв. Глав. гос. санитарным врачом РФ 12.05.2012 г.).

Оценку риска влияния пестицида на работающих при протравливании и высева протравленных семян выполняли согласно МУ 1.2.3017—12. Рассчитывали коэффициенты безопасности по экспозиционным уровням в воздухе и на коже и по поглощённой дозе.

Риск экспозиции комплексного воздействия пестицидов (ингаляционного и дермального) определяли по величине коэффициента безопасности (КБсумм), полученного суммированием коэффициентов безопасности ингаляционного (КБинг) и кожного (КБд) поступления пестицидов. Риск ингаляционного поступления рассчитывали путём сравнения средней концентрации вещества в воздухе с ПДК или ОБУВ. Риск дермального поступления определяли сравнением фактического содержания действующего вещества на коже (Дф, мг/см²) и ориентировочного допустимого уровня загрязнения кожных покровов (ОДУзкп, мг/см²), рассчитанного по результатам токсикологического эксперимента⁴.

Для оценки риска по поглощённой дозе использовали коэффициент безопасности (КБп), установленный по соотношению поглощённой экспозиционной дозы пестицида и допустимого суточного уровня экспозиции для оператора (ДСУЭО, мг/кг). ДСУЭО рассчитывается исходя из недействующей дозы (NOEL, мг/кг), установленной в хроническом токсикологическом эксперименте. Риск для операторов и пользователей считается допустимым, если КБсумм и КБп ≤ 1. ПДК тиаметоксама в воздухе рабочей зоны⁵ — 0,5 мг/м³; ОДУзкп тиаметоксама 0,0004 мг/см² исходя из ЛД₅₀ 2000 мг/кг и коэффициента запаса 10; ДСУЭО тиаметоксама — 0,087 мг/кг исходя из NOELch 2,6 мг/кг и коэффициента запаса 30.

Все исследования выполнялись в соответствии с действующими методическими указаниями и гигиеническими рекомендациями, агрономическими регламентами⁶.

Результаты

При протравливании семян в условиях сельскохозяйственного производства на протравочных машинах типа ПС-10, ПС-20 препаратами на основе тиаметоксама с нормой расхода по действующему веществу 262—320 г/т среднее содержание тиаметоксама в воздухе рабочей зоны (Icp) оператора и помощника (с учётом ½ нижнего предела количественного обнаружения д. в.) составило 0,002—0,003 мг/м³ (см. таблицу). После протравливания семян зерновых культур тиаметоксам обнаружен на лице, шее, кистях, предплечьях и голенях оператора, на лице и шее помощника. С учётом продолжительности рабочей смены при работе с пестицидами (6 ч) и фактической работы персонала при протравливании (1 ч) расчётная фактическая кожная величина (Дф) тиаметоксама для работающих составила (согласно МУ 1.2.3017—12) 0,004—0,018 мг/см².

Риск ингаляционного воздействия тиаметоксама (КБинг) равен 0,004—0,005. Исходя из величины ОДУзкп значение КБд составило 0,001—0,004. Поглощённая экспозиционная доза тиаметоксама (Дп) равна 0,00035—0,044 мг/кг.

КБсумм тиаметоксама составили 0,005—0,009, по поглощённой дозе КБп — 0,003—0,005 при допустимом ≤ 1.

При протравливании семян зерновых культур на протравливателе СТ 25 компании PETKUS препаратом на основе тиаметоксама с нормой расхода 350 г/т в пробах воздуха

⁴ МУ 1.2.4108—24 «Оценка воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельно допустимых уровней загрязнения кожи» (утв. Глав. гос. санитарным врачом РФ 25.12.2024 г.).

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. санитарного врача РФ № 2 от 28.01.2021 г.).

⁶ МУК 4.1.1143—02 «Измерение концентраций тиаметоксама методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе» (Сборник методических указаний. 4.1. Методы контроля. Химические факторы. Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды, вып. 1, М., 2004. С. 148—154).

Результаты определения тиаметоксама в воздухе рабочей зоны и на коже с оценкой риска для работающих

Results of determination of thiamethoxam in the air of the working zone and on the skin with risk assessment for workers

Норма расхода по тиаметоксаму, г/т Consumption rate for thiamethoxam g/t	Профессия Workers	Скорость ветра, м/с* Wind speed, m/s**	Температура воздуха, °С Air temperature, °C	Влажность, % Humidity, %	Иср, мг/м³ Iav, mg/m³	Дф, мкг/см² Acs, µg/cm²	КБинг SFinh	КБд SFd	КБсумм SFsum	КБп SC
Протравливание (ПС-20-4) и высев протравленных семян зерновых культур (тиаметоксам + дифеноконазол + флудиоксанил) Treatment (PS-20-4) and sowing treated seeds of grain crops (thiamethoxam + difenoconazole + fludioxanil)										
320	Оператор Operator	0.5—5.0	8.0	48.5	0.002	0.004	0.004	0.001	0.005	0.003
	Помощник Assistant		8.0	48.5	0.002	0.006	0.004	0.001	0.005	0.003
	Сеяльщик Seeder		12.5	31	0.122	0.056	0.244	0.013	0.257	0.154
	Тракторист Tractor driver		12.5	31	0.002	0.005	0.004	0.001	0.005	0.003
Протравливание (ПС-10) и высев протравленных семян зерновых культур (тиаметоксам) Treatment (PS-10) and sowing treated seeds of grain crops (thiamethoxam)										
262.5	Оператор Operator	1.5—2.5	18.0	65	0.003	0.018	0.005	0.004	0.009	0.005
	Помощник Assistant		18.0	65	0.003	0.005	0.005	0.001	0.006	0.004
	Сеяльщик Seeder		24.0	43	0.338	0.073	0.676	0.017	0.692	0.506
	Тракторист Tractor driver		24.0	43	0.003	0.004	0.005	0.001	0.006	0.004
Протравливание (PETKUS) и высев протравленных семян зерновых культур (тиаметоксам) Treatment (PETKUS) and sowing treated grain crops (thiamethoxam)										
350	Оператор Operator	1.5—4.0	11.5	45	0.003	0.006	0.005	0.001	0.006	0.004
	Помощник Assistant		11.5	45	0.003	0.011	0.005	0.002	0.007	0.004
	Сеяльщик Seeder		7.1	74	0.006	0.004	0.012	0.001	0.013	0.009
	Тракторист Tractor driver		7.1	74	0.003	0.004	0.005	0.001	0.006	0.004
Протравливание (PETKUS) и высев протравленных семян масличных культур (тиаметоксам + дифеноконазол + флудиоксанил) Treatment (PETKUS) and sowing treated seeds of oil crops (thiamethoxam + difenoconazole + fludioxanil)										
3200	Оператор Operator	1.5—2.1	21.5	77	0.006	0.004	0.012	0.001	0.013	0.007
	Помощник Assistant		21.5	77	0.002	0.005	0.004	0.001	0.005	0.003
	Сеяльщик Seeder		17.0	40	0.002	0.005	0.004	0.001	0.005	0.003
	Тракторист Tractor driver		17.0	40	0.002	0.005	0.004	0.001	0.005	0.003
Протравливание (PETKUS) и высев протравленных масличных культур (тиаметоксам) / Treatment (PETKUS) and sowing treated oilseed crops (thiamethoxam)										
3500	Оператор Operator	0.51—3.3	15.5	44	0.002	0.006	0.004	0.002	0.006	0.003
	Помощник Assistant		15.5	44	0.002	0.005	0.004	0.001	0.005	0.003
	Сеяльщик Seeder		18.7	43	0.029	0.019	0.057	0.004	0.061	0.044
	Тракторист Tractor driver		18.7	43	0.002	0.004	0.004	0.001	0.005	0.003
Протравливание (СТ-25) и высев протравленных масличных культур (тиаметоксам) / Treatment (CT-25) and sowing treated oil crops (thiamethoxam)										
3500	Оператор Operator	0.48—3.5	14.7	48	0.002	0.005	0.004	0.001	0.005	0.003
	Помощник Assistant		14.7	48	0.002	0.004	0.004	0.001	0.005	0.003
	Сеяльщик Seeder		18.0	47	0.002	0.005	0.004	0.001	0.005	0.003
	Тракторист Tractor driver		18.0	47	0.002	0.004	0.004	0.001	0.005	0.003
Протравливание (PETKUS) и высев протравленных масличных культур (тиаметоксам) / Treatment (PETKUS) and sowing treated oilseed crops (thiamethoxam)										
3500	Оператор Operator	0.54—3.0	19.0	38	0.021	0.018	0.043	0.004	0.047	0.033
	Помощник Assistant		19.0	38	0.011	0.115	0.021	0.026	0.047	0.023
	Сеяльщик Seeder		22.5	28	0.039	0.156	0.078	0.036	0.114	0.068
	Тракторист Tractor driver		22.5	28	0.002	0.004	0.004	0.001	0.005	0.003
Протравливание (PETKUS) и высев протравленных масличных культур (тиаметоксам) / Treatment (PETKUS) and sowing treated oilseed crops (thiamethoxam)										
3600	Оператор Operator	1.73—5.6	11.7	50	0.125	0.018	0.250	0.004	0.254	0.187
	Помощник Assistant		11.7	50	0.025	0.010	0.050	0.002	0.052	0.038
	Сеяльщик Seeder		13.0	45	0.299	0.011	0.598	0.003	0.600	0.444
	Тракторист Tractor driver		13.0	45	0.025	0.004	0.050	0.001	0.051	0.037

Окончание Таблицы на стр. 1176 / The end of the Table is on page 1176

Окончание Таблицы. Начало на стр. 1175 / End of the Table. Start on page 1175

Норма расхода по тиаметоксаму, г/т Consumption rate for thiamethoxam g/t	Профессия Workers	Скорость ветра, м/с* Wind speed, m/s**	Температура воздуха, °С Air temperature, °C	Влажность, % Humidity, %	Иср, мг/м³ Iav, mg/m³	Дф, мкг/см² Acs, µg/cm²	КБинг SFinh	КБд SFd	КБсумм SFsum	КБп SC
Протравливание (PETKUS) и высев протравленных семян (тиаметоксам) / Treatment (PETKUS) and sowing treated seed crops (thiamethoxam)										
7200	Оператор Operator	0.71—3.8	16.0	60	0.002	0.005	0.004	0.001	0.005	0.003
	Помощник Assistant		16.0	60	0.002	0.004	0.004	0.001	0.005	0.003
	Сеяльщик Seeder		16.3	45	0.002	0.004	0.004	0.001	0.005	0.003
	Тракторист Tractor driver		16.3	45	0.002	0.004	0.004	0.001	0.005	0.003
Протравливание (PETKUS) и высев протравленных семян горчицы (тиаметоксам) / Treatment (PETKUS) and sowing treated mustard seeds (thiamethoxam)										
4200	Оператор Operator	1.56—7.0	12.7	42	0.025	0.005	0.050	0.001	0.051	0.037
	Помощник Assistant		12.7	42	0.025	0.007	0.050	0.002	0.052	0.038
	Сеяльщик Seeder		13.5	40	0.231	0.028	0.462	0.006	0.468	0.345
	Тракторист Tractor driver		13.5	40	0.025	0.005	0.050	0.001	0.051	0.037
Протравливание (ротационная установка SATEC, завод) и высев протравленных семян (тиаметоксам + тебуконазол + флудиоксанил) Treatment (rotary unit SATEC, plant) and sowing of treated seeds (thiamethoxam + tebuconazole + fludioxanil)										
4200	Оператор Operator	1.8—2.7	22.5	51	0.005	0.004	0.01	0.001	0.011	0.005
	Помощник Assistant		22.5	51	0.005	0.002	0.01	0.001	0.011	0.005
	Сеяльщик Seeder		19.0	47	0.005	0.005	0.01	0.001	0.011	0.008
	Тракторист Tractor driver		19.0	47	0.005	0.005	0.01	0.001	0.011	0.008
Протравливание (RH-800) и высев протравленных семян (тиаметоксам + тебуконазол + флудиоксанил) Treatment (RH-800) and sowing treated seeds (thiamethoxam + tebuconazole + fludioxanil)										
250	Оператор Operator	До 2.4 Up to 2.4	12.5	51	0.005	0.005	0.01	0.001	0.011	0.007
	Помощник Assistant		12.5	51	0.005	0.0045	0.01	0.001	0.011	0.006
	Сеяльщик Seeder		15.1	38	0.005	0.0045	0.01	0.001	0.011	0.006
	Тракторист Tractor driver		15.1	38	0.005	0.0045	0.01	0.001	0.011	0.006

Примечание. * – скорость ветра дана при высева семенного материала.

Note: * – Wind speed is given for sowing seed material. Iav 2 average content of thiamethoxam in the air of the working area; ACS actual content of the active substance on the skin; SF – safety factor obtained by summing the safety factors for inhalation (SFinh) and dermal (SFd) exposure to pesticides, SC – safety coefficient.

рабочей зоны оператора и помощника действующее вещество не обнаружено. В пробах смывов с кожных покровов оператора после работы тиаметоксам обнаружен на коже лица и шеи, у помощника – на коже лица, рук, груди, фактическая кожная экспозиция Дф – 0,006–0,011 мкг/см² (см. таблицу). Поглощённая доза не отличалась от дозы при работе на ПС-10, Дп – 0,00035 мг/кг. Коэффициент безопасности при ингаляционном воздействии КБинг – 0,005, при дермальном воздействии на работающих КБд – 0,001–0,002, КБсумм – 0,006, КБп – 0,004 при допустимом значении ≤ 1.

При протравливании семян масличных культур на машине СТ 25 компании РЕТКУС препаратами на основе тиаметоксама с нормами расхода по тиаметоксаму 3500–7200 г/т в пробах воздуха рабочей зоны оператора вещество идентифицировано на уровне 0,002–0,125 мг/м³ (см. таблицу). В пробах смывов с кожных покровов работающих тиаметоксам найден после работы на коже лица, шеи, предплечий, груди и голенях оператора и помощника. Дф у оператора – 0,004–0,018 мкг/см², у помощника – 0,005–0,115 мкг/см². Коэффициент безопасности при ингаляционном воздействии КБинг составил 0,004–0,25. Риск дермального воздействия на работающих КБд – 0,001–0,004. Поглощённая экспозиционная доза пестицида Дп – 0,00028–0,0385 мг/кг, КБсумм – 0,005–0,254, КБп – 0,003–0,187 при допустимом значении ≤ 1.

Протравливание семян на барабанной системе поточной обработки серии RH-800 препаратом на основе тиаметоксама в смеси (125 г/л тиаметоксама + 15 г/л тебуконазола + 25 г/л флудиоксанила) с нормой расхода по тиаметоксаму

250 г/т в пробах воздуха рабочей зоны, смывах с кожных покровов работающих содержание тиаметоксама было ниже предела количественного определения. С учётом ½ предела обнаружения тиаметоксама КБинг (0,01) КБд составляет 0,001 (см. таблицу). Риск комплексного (ингаляционного и дермального) воздействия пестицидов на организм работающих КБсумм определён как 0,011, КБп – 0,007 при допустимом значении ≤ 1.

Предпосевное протравливание семян рапса на ротационной установке SATEC в закрытом цехе завода препаратом на основе тиаметоксама в смеси (280 г/л тиаметоксама + 32 г/л мефеноксама + 8 г/л флудиоксанила) с нормой расхода по тиаметоксаму 4200 г/т в пробах воздуха рабочей зоны и в пробах смывов с кожных покровов работающих содержание тиаметоксама было ниже предела количественного определения. С учётом ½ предела обнаружения тиаметоксама КБинг 0,01, КБд – 0,001 (см. таблицу). Риск комплексного (ингаляционного и дермального) воздействия пестицидов на организм работающих КБсумм составил 0,011, КБп – 0,005 при допустимом значении ≤ 1.

При высева протравленного зерна пшеницы тиаметоксам идентифицирован на уровне 0,001–0,338 мг/м³ во всех пробах воздуха рабочей зоны сеяльщика. У тракториста в воздухе рабочей зоны (кабина трактора) и на коже вещество не идентифицировано. Среднее содержание тиаметоксама в воздухе рабочей зоны (Иср) тракториста (с учётом ½ нижнего предела количественного обнаружения д. в.) составило 0,002–0,003 мг/м³, сеяльщика – 0,006–0,338 мг/м³ (см. таблицу). Среднее содержание тиаметоксама на коже сеяль-

щика за смену (Дф) было в пределах 0,004–0,073 мкг/см², тракториста – 0,004–0,005 мкг/см². КБинг для сеяльщика составил 0,012–0,676, КБд 0,001–0,017, КБсумм – 0,013–0,693, КБп – 0,009–0,506 при допустимом значении ≤ 1 .

При высеве семян масличных культур и зерна, протравленных препаратами на основе тиаметоксама, в пробах воздуха рабочей зоны тракториста тиаметоксам не идентифицирован. В воздухе рабочей зоны сеяльщика средняя концентрация Искр тиаметоксама определялась в пределах 0,002–0,231 мг/м³, в пробах смывов с кожных покровов сеяльщика тиаметоксам после работы (Дф) обнаружен на уровне 0,005–0,156 мкг/см². Для сеяльщика риск при ингаляционном воздействии КБинг составил 0,004–0,598, при дермальном воздействии КБд – 0,001–0,036 (см. таблицу). Риск комплексного воздействия (ингаляционного и дермального) пестицидов на организм сеяльщика по экспозиции КБсумм – 0,005–0,6, по поглощённой дозе КБп – 0,003–0,444 при допустимом значении ≤ 1 .

Для трактористов установлены КБсумм 0,005–0,051 и КБп 0,003–0,037 при допустимом ≤ 1 .

Обсуждение

Основными вредными веществами, загрязняющими воздух рабочей зоны, при протравливании и высеве зерна в агропромышленном производстве могут быть пестициды и пыль растительного происхождения. Интенсивное загрязнение воздуха рабочей зоны работающих возникает в результате нарушения герметичности оборудования или технологического процесса. При протравливании семян зерновых и масличных культур тиаметоксам идентифицируется как в воздухе рабочей зоны, так и на коже в большинстве случаев в незначительных количествах, хотя норма расхода препаратов по тиаметоксаму при протравливании масличных культур в 10–20 раз больше, чем при обработке зерна хлебных злаков. Экспозиционные уровни тиаметоксама у помощников часто были выше, чем у операторов протравочных машин, в основном за счёт дермальной составляющей, но не превышали допустимых значений. При работе на исправной отлаженной технике поступление растительной пыли в воздух рабочей зоны при протравливании семян маловероятно.

На биологическую эффективность применения пестицидов при протравливании и высеве протравленных семян могут влиять температура воздуха, относительная влажность, скорость ветра, осадки и другие факторы. Каждый производитель рекомендует проводить протравливание и высеv семенного материала в оптимальных условиях, указанных на тарной этикетке канистр с препаратами, для достижения максимальных результатов [15, 16]. Протравливание посадочного материала в натуральных условиях препаратами на основе тиаметоксама выполнялось при температуре воздуха в диапазоне от плюс 8 до плюс 21,5 °C и относительной влажности воздуха 38–77%.

Экспозиционные уровни тиаметоксама в воздухе рабочей зоны практически не зависели от способа протравливания, вида культуры, нормы расхода препарата, относительной влажности воздуха. Установлена обратно пропорциональная зависимость содержания тиаметоксама в воздухе рабочей зоны операторов протравочной машины от температуры воздуха ($r = -0,55$).

Температура может влиять на продолжительность защитного действия и на токсические свойства химических препаратов. Повышение температуры воздуха может способствовать усилению токсических свойств препарата, например, тиаметоксама. Но поскольку протравливание осуществляется, как правило, при определённом температурно-влажностном режиме, риск усиления отрицательного воздействия вещества на оператора минимален.

В большей степени температура и влажность могут влиять на тракториста, работающего при разных погодных условиях. При этом в высеве протравленного зерна с использованием типичной сельскохозяйственной техники заняты не только трактористы, но и сеяльщики, в обязанности ко-

торых входит загрузка сеялки зерном или семенами вручную из мешков либо с помощью специального автопогрузчика (ЗАУ-3). Во время загрузки сеялки и при посеве в воздухе рабочей зоны сеяльщика концентрации пестицидов не превышают допустимых значений, но существенно выше по сравнению с кабиной трактора. Содержание тиаметоксама на коже лица, рук сеяльщиков может быть существенно выше экспозиции этого же вещества по сравнению с оператором при протравливании.

Риск комплексного воздействия тиаметоксама при поступлении в организм ингаляционным и дермальным путями для сеяльщика протравленных семян существенно превышает риск для оператора при протравливании семян этим же препаратом: КБсумм сеяльщика = 0,257–0,693, КБсумм оператора = 0,005–0,009.

Другие исследователи также отмечали существенное превышение риска комплексного воздействия пестицидов для сеяльщиков по сравнению с операторами протравочных машин. Так, у препаратов на основе имидаклоприда КБсумм – 0,36 (сеяльщик) и КБсумм – 0,07 (оператор), карбеназида КБсумм 0,28 и 0,09 соответственно.

На формирование экспозиционных уровней тиаметоксама в воздухе рабочей зоны сеяльщика определённую роль играет скорость ветра ($r = 0,48$), а на коже – температура воздуха ($r = 0,52$) и относительная влажность ($r = -0,55$).

Надо отметить, что исследования по изучению условий труда в натуральных экспериментах при применении пестицидов осуществлялись с соблюдением всех требований безопасности, которые не всегда соблюдаются в повседневной работе сельскохозяйственного производства. По этой причине, как показывает мировая практика, даже при установленных относительно безопасных экспозиционных уровнях пестицидов в воздухе рабочей зоны и на коже работающих в реальных условиях нельзя полностью исключить риск неблагоприятного влияния пестицидов на здоровье работающих [17, 18]. Например, отчёты Системы данных об инцидентах США (IDS) за период с 2018 по 2022 г. показывают, что использование неоникотиноидов привело к трём смертям работников: один случай был связан с клотианидином, а два – с ацетамипридом, несмотря на все действующие в стране меры безопасности по отношению к применению и использованию пестицидов. Случаи умеренного отравления неоникотиноидами за тот же период составили 88% от всех зарегистрированных отравлений (740 из 842 случаев) и были в основном связаны с имидаклопридом (547 случаев) и динотефураном (102 случая) [19]. Исследования показывают также, что у населения азиатских стран наблюдаются концентрации неоникотиноидов в моче в диапазоне от 0,38 до 5,6 нг мл⁻¹, что существенно превышает значения, наблюдаемые в США и ЕС и потенциально отражает различия в рационах питания и практике применения пестицидов в разных регионах [20]. К сожалению, подобные широкомасштабные исследования на территории Российской Федерации не проводили.

Заключение

При протравливании посевного материала независимо от способа протравливания при соблюдении требований безопасности, регламентов применения препаратов, при работе на исправной отрегулированной технике риск воздействия пестицида является допустимым, несмотря на разброс фактических данных, характеризующих экспозиционные уровни действующего вещества в воздухе рабочей зоны и на коже рабочих.

При высеве обработанного пестицидами посадочного материала (семян) работающие (сеяльщики) должны соблюдать требования безопасности, аналогичные требованиям при работе с пестицидами: работать при скорости ветра не более 4 м/с, использовать средства индивидуальной защиты, механизированную или автоматизированную погрузку семенного материала.

Литература

(п.п. 2, 4–12, 14, 17–20 см. References)

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Минсельхоз РФ; 2025.
3. Вешемова Т.Е., Масальцев Г.В., Ракитский В.Н., Чхвиркия Е.Г., Кузьмин С.В., Пацакис А.М. Сравнительная оценка характера комбинированного действия инсектицидов: разные методические подходы. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(9): 1025–30. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-9-1025-1030> <https://elibrary.ru/yvwuyur>
13. Тришкин Д.С. *Справочник агронома по вопросам протравливания семян зерновых культур*. М.: Байер, 2006.
15. Антипова В.И. Гигиеническая оценка применения пестицидов при высеве протравленного зерна и при уборке урожая в сельском хозяйстве. В кн.: *Материалы VII Международной (XX Региональной) научной конференции «Техногенные системы и экологический риск»*. Обнинск; 2024: 232–3. <https://elibrary.ru/uevjccq>
16. Липкина Л.И., Заволокина Н.Г., Михеева Е.Н. Минимизация риска здоровью работающих при предпосевной обработке посадочного материала. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; 56(3): 17–23. <https://elibrary.ru/tnepoi>

References

1. State Catalogue of Pesticides and Agrochemicals Approved for Use in the Russian Federation. Ministry of Agriculture of the Russian Federation; 2025. (in Russian)
2. Short S., Robinson A., Lahive E., Green Etxabe A., Hernádi S., Pereira M.G., et al. Off-target stoichiometric binding identified from toxicogenomics explains why some species are more sensitive than others to a widely used neonicotinoid. *Environ. Sci. Technol.* 2021; 55(5): 3059–69. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05125>
3. Veshchemova T.E., Masaltsev G.V., Rakitskii V.N., Chkhvirkiya E.G., Kuzmin S.V., Tsatsakis A.M. Comparative assessment of the nature of the combined action of insecticides: different methodical approaches. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2024; 103(9): 1025–30. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-9-1025-1030> <https://elibrary.ru/yvwuyur>
4. Eng M.L., Karouna-Renier N.K., Henry P.F.P., Letcher R.J., Schultz S.L., Bean T.G., et al. In ovo exposure to brominated flame retardants Part II: Assessment of effects of TBBPA-BDBPE and BTBPE on hatching success, morphometric and physiological endpoints in American kestrels. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2019; 179: 151–9. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.04.047>
5. Bass C., Denholm I., Williamson M.S., Nauen R. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pestic. Biochem. Physiol.* 2015; 121: 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.04.004>
6. Li F., Xiong W., Zhang C., Wang D., Zhou C., Li W., et al. Neonicotinoid insecticides in non-target organisms: Occurrence, exposure, toxicity, and human health risks. *J. Environ. Manage.* 2025; 383: 125432. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125432>
7. European Food Safety Authority. Evaluation of the data on clothianidin, imidacloprid and thiamethoxam for the updated risk assessment to bees for seed treatments and granules in the EU. *EFSA Support. Publ.* 2018; 15(2): 1378E. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2018.EN-1378>
8. Commission Implementing Regulation (EU) 2018/785 of 29 May 2018. Amending Implementing Regulation (EU) No 540/2011 as regards the conditions of approval of the active substance thiamethoxam. *OJEU*. 2018; 132: 44.
9. Commission Implementing Regulation (EU) 2018/783 of 29 May 2018. Amending Implementing Regulation (EU) No 540/2011 as regards the conditions of approval of the active substance imidacloprid. *OJEU*. 2018; 132: 31.
10. European Food Safety Authority (EFSA). Peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance clothianidin considering the uses as seed treatments and granules. *EFSA J.* 2018; 16(2): e05177. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5177>
11. Maiefisch P., Angst M., Brandl F., Fischer W., Hofer D., Kayser H., et al. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. *Pest. Manag. Sci.* 2001; 57(10): 906–13. <https://doi.org/10.1002/ps.365>
12. Department for Environment, Food & Rural Affairs. Statement of reasons for the decision on the application for emergency authorisation of the use of Cruiser SB on sugar beet crops in England in 2025. Available at: <https://clck.ru/3P7GMN>
13. Trishkin D.S. *Handbook for Agronomists on Seed Dressing of Cereal Crops [Spravochnik agronoma po voprosam protravlivaniya semyan zernovykh kul'tur]*. Moscow: Bayer; 2006. (in Russian)
14. Turner J.A., ed. *The Pesticide Manual: A World Compendium*. BCPC; 2018.
15. Antipova V.I. Hygienic assessment of pesticide use during the sowing of dressed grain and during crop harvesting in agriculture. In: *Proceedings of the VII International (XX Regional) Scientific Conference «Technogenic Systems and Environmental Risk» [Materialy VII Mezhdunarodnoi (XX Regional'noi) nauchnoi konferentsii «Tekhnogennye sistemy i ekologicheskii risk»]*. Obninsk; 2024: 232–3. <https://elibrary.ru/uevjccq> (in Russian)
16. Lipkina L.I., Zavalokina N.G., Mikheyeva E.N. Minimizing risk for health in workers engaged into preplanting treatment of planting material. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2016; 56(3): 17–23. <https://elibrary.ru/tnepoi> (in Russian)
17. Vidyasagar J., Karunakar N., Reddy M.S. Oxidative stress and antioxidant status in acute organophosphorous insecticide poisoning. *Indian J. Pharmacol.* 2004; 36(2): 76–9.
18. Ranjbar A., Pasalar P., Abdollahi M. Induction of oxidative stress and acetylcholinesterase inhibition in organophosphorous pesticide manufacturing workers. *Hum. Exp. Toxicol.* 2002; 21(4): 179–82. <https://doi.org/10.1191/0960327102ht238oa>
19. Sass J.B., Raichel D. Human acute poisoning incidents associated with neonicotinoid pesticides in the U.S. Incident Data System (IDS) database from 2018–2022 – frequency and severity show public health risks, regulatory failures. *Environ. Health*. 2024; 23(1): 102. <https://doi.org/10.1186/s12940-024-01139-2>
20. Orikpete O.F., Kikanme K.N., Falade T.D.O., Dennis N.M., Ejike Ewim D.R., Fadare O.O. Neonicotinoid pesticides in African agriculture: What do we know and what should be the focus for future research? *Chemosphere*. 2025; 372: 144057. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.144057>

Сведения об авторах

Ракитский Валерий Николаевич, доктор мед. наук, профессор, академик РАН, научный руководитель Института гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: rakitskii.vn@fncg.ru

Березняк Ирина Владиславовна, доктор мед. наук, профессор, зав. отд. гигиены труда Института гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: bereznyak.iv@fncg.ru

Антипова Валентина Ивановна, мл. науч. сотр. отд. гигиены труда Института гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: antipova.vi@fncg.ru

Вешемова Татьяна Евгеньевна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отд. гигиены труда Института гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: veshchemova.te@fncg.ru

Information about the authors

Valerii N. Rakitskii, DSc (Medicine), professor, academician of the RAS, Scientific Director of the Institute of Hygiene, Toxicology of Pesticides and Chemical Safety of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9959-6507> E-mail: rakitskii.vn@fncg.ru

Irina V. Bereznayak, DSc (Medicine), professor, head, Occupational Hygiene Department, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9501-092X> E-mail: bereznyak.iv@fncg.ru

Valentina I. Antipova, junior researcher at the Occupational Hygiene Department, Institute of Hygiene, Toxicology of Pesticides and Chemical Safety, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9908-6590> E-mail: antipova.vi@fncg.ru

Tatiana E. Veshchemova, PhD (Medicine), senior researcher, Occupational Hygiene Department, Institute of Hygiene, Toxicology of Pesticides and Chemical Safety, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0444-1095> E-mail: veshchemova.te@fncg.ru