



Масальцев Г.В., Вещемова Т.Е., Ракитский В.Н., Кузьмин С.В.

Роль химических средств защиты растений в обеспечении мировой продовольственной безопасности (обзор литературы)

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

РЕЗЮМЕ

Рассмотрен вклад применения пестицидов в обеспечение продовольственной безопасности с 1960-х годов XX века и в перспективе до 2100 г., когда популяция Земли, по прогнозам Организации Объединённых Наций, достигнет устойчивого значения в 10,2 млрд человек. Приведены международные оценки эффективности применения пестицидов для сохранения урожая и экономической целесообразности их использования, а также обсуждены побочные эффекты применения пестицидов, такие как развитие резистентности и нецелевой снос. Дано краткое описание разработанной в Советском Союзе системы обоснования гигиенических нормативов максимально допустимых уровней содержания остаточных количеств пестицидов в пищевой продукции растительного происхождения согласно принципу комплексного гигиенического нормирования. Суть принципа заключается в том, что возможное поступление препарата в организм человека с пищевыми продуктами, водой и атмосферным воздухом не должно превышать величины допустимой суточной дозы для человека со средними ростовыми характеристиками. Данный подход, применяемый сегодня на территории постсоветского пространства, является уникальным в мировой практике, так как в остальных странах — членах Всемирной организации здравоохранения при установлении МДУ не учитывают потенциального поступления действующего вещества из окружающей среды (вода, воздух). Сделан вывод о том, что применение химических средств защиты растений останется основой обеспечения продовольственной безопасности в обозримом будущем в связи с тем, что это не только экономически эффективно, но и необходимо в условиях увеличения населения при невозможности пропорционально увеличить площадь сельскохозяйственных угодий. Материалом для настоящего обзора послужили преимущественно данные зарубежной литературы, поскольку подобного рода исследования до этого не были опубликованы в отечественной печати, в том числе по причине методической сложности сбора и оценки необходимых данных для Российской Федерации. При поиске информации использовали базы данных SpringerLink, Scopus, Medline, Google Scholar, РИНЦ и КиберЛенинка.

Ключевые слова: пестицид; ксенобиотик; продовольственная безопасность

Для цитирования: Масальцев Г.В., Вещемова Т.Е., Ракитский В.Н., Кузьмин С.В. Роль химических средств защиты растений в обеспечении мировой продовольственной безопасности (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2024; 103(12): 1528–1531. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-12-1528-1531> <https://elibrary.ru/shcbez>

Для корреспонденции: Масальцев Глеб Викторович, e-mail: masalcev.gv@fncg.ru

Участие авторов: Масальцев Г.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и анализ данных литературы, написание текста; Вещемова Т.Е. — концепция и дизайн исследования, сбор и анализ данных литературы, написание текста; Ракитский В.Н., Кузьмин С.В. — концепция и дизайн исследования. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Литературный обзор выполнен 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: 01.11.2024 / Поступила после доработки: 27.11.2024 / Принята к печати: 03.12.2024 / Опубликовано: 28.12.2024

Gleb V. Masaltsev, Tatiana E. Veshchemova, Valerii N. Rakitskii, Sergey V. Kuz'min

Role of chemical plant protection products in worldwide food security (literature review)

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

ABSTRACT

The contribution of pesticides to food security from the 1960s and up to 2100, when the Earth's population, according to United Nations forecasts, will reach a sustainable value of 10.2 billion people, is considered. There are presented international estimates of the effectiveness of pesticides for crop preservation, the economic feasibility of their use. Side effects of pesticide use, such as the development of resistance and non-target drift, are discussed. A brief description of the system developed in the Soviet Union for substantiating hygienic standards for maximum permissible levels of pesticide residues in food products of plant origin, carried out in accordance with the principle of integrated hygienic standardization, which consists in the fact that the possible intake of a drug into the human body with food products, water, and atmospheric air should not exceed the permissible daily dose for an average-sized person is provided. This approach, applied today in the post-Soviet space, is unique in world practice, since in other member countries of the World Health Organization, when establishing maximum permissible levels (MPLs), the potential intake of the active substance from the environment (water, air) is not taken into account. It is concluded that the use of chemical plant protection products will remain the basis for ensuring food security in the foreseeable future since it is not only cost-effective, but also necessary in the context of population growth and the impossibility of proportionally increasing the area of agricultural land.

The material for this review was mainly data from foreign literature because such analyses have not been published in the domestic press before. One of the reasons for this is the methodological complexity in collecting and evaluating the necessary data for the Russian Federation. When searching for information, the SpringerLink, Scopus, Medline, Google Scholar, RINTS and CyberLeninka databases were used.

Keywords: pesticide; xenobiotic; food security

For citation: Masaltsev G.V., Veshchemova T.E., Rakitskii V.N., Kuz'min S.V. Role of chemical plant protection products in worldwide food security (literature review). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2024; 103(12): 1528–1531. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-12-1528-1531> <https://elibrary.ru/shcbez> (In Russ.)

For correspondence: Gleb Viktorovich Masaltsev, e-mail: masalcev.gv@fncg.ru

Contribution: Masaltsev G.V. — concept and design of the study, collection and analysis of literary data, writing the text; Veshchemova T.E. — concept and design of the study, collection and analysis of literary data, writing the text; Rakitskii V.N., Kuzmin S.V. — concept and design of the study. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study was carried out within the framework of the industry programs of Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing (Rosпотребнадзор) "Scientific justification of the national system for ensuring sanitary and epidemiological well-being, health risk management and improving the quality of life of the population of Russia" (2021–2025).

Received: November 1, 2024 / Revised: November 27, 2024 / Accepted: December 3, 2024 / Published: December 28, 2024

Введение

По оценке Организации Объединённых Наций, восьмимиллиардное население Земли будет увеличиваться ещё 50–60 лет и достигнет пика в 10,3 млрд человек в середине 2080-х годов. После пика, по прогнозам, численность населения начнёт снижаться и к концу 2100 года постепенно достигнет 10,2 млрд человек [1]. При этом доступность сельскохозяйственных земель ограничена, и любое их расширение будет происходить за счёт лесов и других земель, ранее имевших статус природных ресурсов. Кроме того, ситуация с доступностью сельскохозяйственных земель для производства продуктов питания будет отягощена и увеличением спроса на биотопливо и разнообразные волокна. Таким образом, человечество ожидает значительный вызов: для сохранения продовольственной безопасности потребуется выращивать сельскохозяйственные культуры на меньшей площади пропорционально населению [2]. Очевидно, что это невозможно будет сделать без разработки новых химических средств защиты растений (пестицидов) и совершенствования технологий их применения.

Уже сегодня в среднем 35% потенциального урожая сельскохозяйственных культур в мире теряется из-за вредителей [3, 4]. В дополнение к предуборочным потери при транспортировке, предварительной обработке, хранении, переработке, упаковке, маркетинге и отходы на тарелках по всей пищевой цепочке составляют ещё 35% [5].

Чтобы сделать сельское хозяйство более производительным и прибыльным в условиях растущих затрат, необходимо снизить порчу и утрату продуктов на всех этапах производства, и поэтому человечество вынуждено обращаться к пестицидам.

Оценка потерь в производстве сельскохозяйственных культур из-за вредителей

Фактические потери в производстве сельскохозяйственных культур во всём мире были впервые оценены коллективом исследователей для периода 1988–1990 гг. с охватом 17 регионов [6, 7], а также повторно в 2006 г. [4]. Регионы соответствовали континентам: Северная Америка, Центральная Америка, Южная Америка и Океания; для Африки — Северная Африка, Центральная Африка (Африка южнее Сахары) и Южная Африка; для Азии — Ближний Восток, Южная Азия, Юго-Восточная Азия, Восточная Азия и азиатские государства СНГ; для Европы — Северо-Запад, Юг, Северо-Восток, Юго-Восток и европейская часть СНГ. Оценка показала, что за период с 1965 по 1990 г. рост использования пестицидов практически удвоил теоретическую мировую урожайность (с 42 до 70%) [4], а за период с 1996 по 1998 г. потери от вредителей во всём мире были оценены в 26–40% в зависимости от культуры [3].

Согласно энциклопедическому ресурсу (Crop Protection Compendium), объединяющему широкий спектр различных видов научной информации по всем аспектам защиты растений, за период 2001–2003 гг. в девятнадцати регионах мира общие глобальные потенциальные потери сельскохозяйственных культур из-за вредителей были оценены в 50–80%, наибольший процент отмечен для хлопка [4, 8].

Оценка экономической целесообразности применения пестицидов

Использование пестицидов резко возросло с начала 1960-х годов. Разработка синтетических пестицидов сопровождалась ростом производительности сельского хозяйства. Основным фактором изменения моделей производительности, как прямым, так и косвенным, стало использование пестицидов [7, 9]. Стоимость пестицидов и нехимических методов борьбы с вредителями была и остаётся низкой по сравнению с ценами на урожай и общими производственными затратами. Пестициды составляют примерно 7–8% от общих затрат на сельскохозяйственное производство в Евро-

пейском союзе, однако между государствами Европы существуют большие различия: от 11% во Франции и Ирландии до 4% в Словении [7]. На пестициды приходится 5–6% от общего объёма сельскохозяйственных затрат в денежном выражении в США, в том числе за счёт внедрения генетически модифицированных организмов (биопестицидов), которые представляют собой новое поколение инструментов борьбы с вредителями, так как применяются в значительно меньшем объёме [10, 11]. По данным 2010 г., в мировом масштабе производители сельскохозяйственной продукции ежегодно использовали пестицидов на сумму около 40 млрд долларов США, а доля биопестицидов составляла всего 2% [12]. По данным FAO, в 2022 г. только в Российской Федерации было использовано 97 018,45 т пестицидов, что сопоставимо с 0,79 кг/га земель сельскохозяйственного назначения [13].

Согласно исследованиям, проведённым в начале 2000-х годов, в Соединённых Штатах Америки ежегодно 9,2 млрд долларов США тратится на пестициды и их применение в сельском хозяйстве [14–16]. Было установлено, что использование пестицидов на сельскохозяйственных культурах экономит около 60 млрд долларов США, которые в противном случае были бы потеряны из-за уничтожения вредителями продуктов растениеводства. Таким образом, чистая прибыль составляет 6,5 доллара США на каждый доллар, который производители потратили на производство пестицидов и их применение [16].

Побочные эффекты применения пестицидов

Правильное использование пестицидов может принести значительные социально-экономические и экологические выгоды при получении безопасной, здоровой и доступной пищи, способствовать обеспечению доходов производителей и повышению эффективности использования природных ресурсов [9, 17]. Очевидно, что при неправильном использовании пестицидов социально-экономические и экологические выгоды могут остаться нереализованными.

Ежегодный мировой рынок химических пестицидов составляет до 3 млн тонн, что связано с расходами примерно 40 млрд долларов США [7]. Растущая с начала 1960-х годов зависимость от химических пестицидов была названа энтомологами «беговой дорожкой пестицидов» [18]. Формирование резистентности у вредителей вынуждает повышать дозы менее эффективных пестицидов либо разрабатывать новые молекулы, что является дорогостоящим предприятием. Pimentel D. и соавт. [19] обнаружили, что косвенные затраты, связанные с применением пестицидов, обходятся США в 8,1 млрд долларов в год в связи с развитием резистентности у вредителей и загрязнением окружающей среды. В связи с этим общие издержки при использовании пестицидов составили примерно 9,6 млрд долларов США в 2005 г. [20–23], то есть скорректированная чистая прибыль от применения пестицидов составила три доллара США на каждый доллар, потраченный в стране на пестициды [7]. Пестициды эффективно воздействуют на множество насекомых, болезней и сорняков, но очень важно избирательное действие для подавления или уничтожения только вредных объектов.

Одной из самых больших проблем, связанных с применением пестицидов, является снос за пределы обрабатываемых территорий [20]. Согласно Агентству по охране окружающей среды США (US EPA), снос определяется как «физическое перемещение капель или частиц пестицида по воздуху во время применения пестицидов или вскоре после этого с целевого участка на любой другой участок, не являющийся областью обработки» [24]. Неконтролируемый снос пестицидов опасен для нецелевых организмов (животные, растения, водные организмы), обитающих поблизости с обрабатываемыми участками [25, 26]. Реальную опасность для здоровья населения представляет попадание сносов пестицидов в водоёмы, почву и, что особенно важно, на сельскохозяйственные культуры, употребляемые в пищу без тепловой обработки, такие как петрушка, сельдерей, горох, укроп и др.

Кроме того, снос может привести к прямой и косвенной экспозиции лиц, которые живут и работают в непосредственной близости, или для тех, кто недолго находится рядом с обрабатываемым участком [27]. На степень сносов влияют многочисленные факторы, в том числе метеоусловия (направление и скорость ветра, температура, влажность), наличие ветрозащитных экранов вблизи места распыления, параметры используемой сельскохозяйственной техники (тип распылителя, высота распыления, тип форсунок, рабочее давление), физико-химические свойства распыляемого раствора [25, 28–31]. Наиболее значительный снос наблюдается при авиационном применении пестицидов. Интенсивность сноса оценивается при регистрационных испытаниях пестицидов для каждого препарата и используется для обоснования безопасных расстояний от участков обработки. Один из способов уменьшения сноса – использование при приготовлении рабочих растворов добавок (адъюванты, прилипатели), снижающих снос за счёт увеличения количества крупных и уменьшения мелких капель [21]. Другой метод уменьшения количества мелких капель во время распыления – использование специальных форсунок, уменьшающих количество мелких капель путём снижения скорости жидкости непосредственно перед её выпуском [32]. Для предотвращения сносов пестицидов на нецелевые объекты в России законодательно утверждены расстояния, которые необходимо соблюдать от участков обработки пестицидами до территорий с необрабатываемыми сельскохозяйственными культурами, мест возможного пребывания людей, водоёмов: 300 м при наземном тракторном опрыскивании, 2000 м при авиаобработках*.

Гигиеническое нормирование остаточных количеств пестицидов в российской пищевой продукции растительного происхождения

В условиях постоянно увеличивающегося ассортимента действующих веществ необходимо было разработать систему, обеспечивающую безопасность не только для операторов, применяющих пестициды, но и для конечных потребителей пищевой продукции. В России историче-

ски ещё со времён Советского Союза обоснование гигиенических нормативов содержания остаточных количеств пестицидов (максимально допустимых уровней – МДУ) в пищевой продукции растительного происхождения осуществляется в соответствии с принципом комплексного гигиенического нормирования, заключающегося в том, что возможное поступление препарата в организм человека с пищевыми продуктами, водой и атмосферным воздухом не должно превышать величину допустимой суточной дозы для человека. Суть принципа заключается в том, что возможное поступление препарата в организм человека с пищевыми продуктами, водой и атмосферным воздухом не должно превышать величины допустимой суточной дозы (ДСД) для человека со средними ростовыми характеристиками.

Данный подход, применяемый сегодня на территории постсоветского пространства, является уникальным в мировой практике, так как в остальных странах – членах Всемирной организации здравоохранения при установлении МДУ не учитывают потенциального поступления действующего вещества из окружающей среды (вода, воздух) [33, 34].

Заключение

Выполненный обзор литературы показал, что химические средства защиты растений будут продолжать играть основную роль в борьбе с вредителями и болезнями растений в периоды выращивания и сохранения сельхозпродукции для обеспечения населения безопасным продовольствием. Пестициды способны снижать потери урожая, тем самым увеличивая сельскохозяйственное производство и доход государств. Преимущества использования пестицидов высоки по сравнению с рисками, однако нерешённой остаётся вечная задача применения пестицидов – формирование у вредителей резистентности, а также загрязнение окружающей среды, способное вызывать гибель нецелевых организмов, например, опылителей (пчёл и бабочек). Особенного внимания заслуживает проблема сноса при применении пестицидов. Применяемый в России принцип комплексного гигиенического нормирования позволит обеспечить продовольственную безопасность, несмотря на расширение использования пестицидов при выращивании сельскохозяйственных культур пропорционально увеличению населения Земли, ожидаемому во второй половине XXI века.

Литература

(п.п. 1–32 см. References)

33. Ракитский В.Н., Чхвиркия Е.Г. К вопросу гигиенического нормирования пестицидов в пищевых продуктах. В кн.: *Здоровье и окружающая среда: Сборник материалов международной научно-практической конференции*. Минск; 2023: 438–40. <https://elibrary.ru/ksltdu>
34. 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> <https://elibrary.ru/uqbipis>

References

1. WHO. World Population Prospects 2024 Summary of Results July 2024; 2024. Available at: https://un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org/development/desa/pd/files/key_messages_wpp_2024_20240709.pdf
2. Grainger M. World Summit on Food Security (UN FAO, Rome, 16–18 November 2009). *Development in Practice*. 2010; 20(6): 740–2. <https://doi.org/10.1080/09614524.2010.491540>
3. Oerke E.C., Dehne H.W. Safeguarding production – losses in major crops and the role of crop protection. *Crop. Prot.* 2024; 23(4): 275–85. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.10.001>
4. Oerke E.C. Crop losses to pests. *J. Agr. Sci.* 2006; 144(1): 31–43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708> <https://elibrary.ru/hwbeaf>
5. IWMI. Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture. *Earthscan and Colombo*. London: International Water Management Institute; 2007.
6. Oerke E.C., Dehne H.W., Schonbeck F., Weber A. *Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Amsterdam: Elsevier Science; 1994.
7. Popp J. Cost-benefit analysis of crop protection measures. *J. Consum. Prot. Food S.* 2011; (6): 105–12. <https://doi.org/10.1007/s00003-011-0677-4>
8. CABI's Crop Protection Compendium. Commonwealth Agricultural Bureaux International (CABI); 2005. Available at: <https://www.cabidigitallibrary.org/product/qc>
9. Popp J., Pető K., Nagy J. Pesticide productivity and food security. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 2013; 33(1): 243–55. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>
10. USDA. Commodity costs and returns: U.S. and regional cost and return data; 2010. Available at: <http://ers.usda.gov/data/costsandreturns>
11. Brookes G., Barfoot P. *GM Crops: Global Socio-Economic and Environmental Impacts 1996–2008*. PG Economics Ltd, UK; 2010.
12. McDougall P. AgriService, Industry Overview – 2009 Market, Vineyard Business Centre Saughland Pathhead Midlothian EH37 5XP Copyright; 2010.
13. FAOSTAT. Pesticide Use; 2022. Available at: <https://fao.org/faostat/en/#data/RP>
14. Gianessi L.P., Reigner N. The value of fungicides in U.S. crop production. CropLife Foundation, Crop Protection Research Institute (CPRI); 2005.
15. Gianessi L.P., Reigner N. The value of herbicides in U.S. crop production. 2005 Update. CropLife Foundation, Crop Protection Research Institute (CPRI); 2006.
16. Gianessi L.P. The value of insecticides in U.S. crop production. CropLife Foundation, Crop Protection Research Institute (CPRI); 2009.

Review article

17. Bennett B., Cooper J., Dobson H. We know where the shoe pinches: a case study-based analysis of the social benefits of pesticides. *Outlook Agric.* 2010; 39(2): 79–87. <https://doi.org/10.5367/000000010791745420>
18. Van den Bosch R. *The Pesticide Conspiracy*. Berkeley, California: UC Press; 2023.
19. Pimentel D. Environmental and economic costs of pesticide use. *BioScience*. 1992; 42: 750–60.
20. Pimentel D. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environ. Dev. Sus.* 2005; 7: 229–52.
21. Pimentel D., Greiner A. Environmental and socio-economic costs of pesticide use, chapter 4. In: Pimentel D., ed. *Techniques for Reducing Pesticide Use: Economic and Environmental Benefits*. New York: John Wiley and Sons; 1997.
22. Pimentel D. Benefits and costs of pesticide use in US food production. *BioScience*. 1978; 28(772): 778–84.
23. Pesticide Registration (PR) Notice 2001-X Draft: Spray and Dust Drift Label Statement for Pesticide Products. US EPA; 2001.
24. Al Heidary M.H., Douzals J.P., Sinfort C., Vallet A. Influence of spray characteristics on potential spray drift of field crop sprayers: a literature review. *Crop. Prot.* 2014; 63(9): 120–30. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.05.006>
25. Hilz E., Vermeer A.W.P. Spray drift review: the extent to which a formulation can contribute to spray drift. *Crop. Prot.* 2013; 44: 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.10.020>
26. Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment of plant protection products. *EFSA Journal*. 2022; 20(1). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7032>
27. Ellis M.C.B., Harris D., Lane A.G., Tuck C.R. Novel spray adjuvants to decrease spray drift. *Asp. Appl. Biol.* 2016; (132): 257–63.
28. Ellis M.C.B., Lane A.G., O'Sullivan C.M., Alanis R., Harris A., Stallings H., et al. Bystander and resident exposure to spray drift from orchard applications: field measurements, including a comparison of spray drift collectors. *Asp. Appl. Biol.* 2014; (122): 187–94.
29. Fritz B.K. Meteorological effects on deposition and drift of aerially applied sprays. *Trans. ASABE*. 2006; 49(5): 1295–1301. <https://doi.org/10.13031/2013.22038>
30. Fritz B.K., Hoffmann C., Bagley W.E. Effects of spray mixtures on droplet size under aerial application conditions and implications on drift. *Appl. Eng. Agricul.* 2010; 26(1): 21–9. <https://doi.org/10.13031/2013.29467>
31. Hall F.R., Fox R.D. The reduction of pesticide drift. In: Foy C.L., Pritchard D.W., eds. *Pesticide Formulation and Adjuvant Technology*. Boca Raton: CRC Press; 1997: 209–40.
32. Ozkan E., ed. Equipment Developments. Chemical Application Technology, Newsletter; 1997. Available at: <http://ag.ohio-state.edu/catnews/catequi.htm>
33. Rakitskii V.N., Chkhvirkiya E.G. On the issue of hygienic rationing of pesticides in food products. In: *Health and the Environment: A Collection of Materials of the International Scientific and Practical Conference [Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda: Sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Minsk; 2023: 438–40. <https://elibrary.ru/ksltdu> (in Russian)
34. Rakitskii V.N., Tereshkova L.P., Chkhvirkiya E.G., Epishina T.M. Fundamentals of ensuring the safe application of pesticides. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2020; 64(1): 45–50. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2020-64-1-45-50> <https://elibrary.ru/uqbpis> (in Russian)

Сведения об авторах

Масальцев Глеб Викторович, канд. биол. наук, зав. отд. токсикологии Института гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: masalcev.gv@fncg.ru

Вещемова 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

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

Кузьмин Сергей Владимирович, доктор мед. наук, профессор, директор ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: fncg@fncg.ru

Information about the authors

Gleb V. Masaltsev, PhD (Biology), Head of the Toxicology Department, Institute of Hygiene, Pesticide Toxicology and Chemical Safety of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1539-1633> E-mail: masalcev.gv@fncg.ru

Tatiana E. Veshchemova, PhD (Medicine), Senior researcher, Occupational Health Department, Institute of Hygiene, Pesticide Toxicology and Chemical Safety of the 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

Valerii N. Rakitskii, DSc (Medicine), Academician of the RAS, Professor, Scientific Director of the Institute of Hygiene, Pesticide Toxicology 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

Sergei V. Kuzmin, DSc (Medicine), Professor, Director of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0209-9732> E-mail: fncg@fncg.ru