



Пестициды. Взгляд в будущее Pesticides. Looking to the future


DOI: 10.22363/2312-797X-2023-18-4-455-463

EDN: JLOCCD

УДК 631.67:633.11


Редакционная статья / Editorial article

Пестициды и их действие на человека и окружающую среду

В.И. Долженко¹ , А.П. Кармазин² , Т.С. Астарханова³  

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений»,
г. Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

²Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору, г. Москва,
Российская Федерация

³Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация
 astarkhanova-ts@rudn.ru

Заявление о конфликте интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 25 октября 2023 г., принята к публикации 1 ноября 2023 г.

Для цитирования: Долженко В.И., Кармазин А.П., Астарханова Т.С. Пестициды и их действие на человека и окружающую среду // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2023. Т. 18. № 4. С. 455—463. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-455-463

© Долженко В.И., Кармазин А.П., Астарханова Т.С., 2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Effects of pesticides on human health and environment

Viktor I. Dolzhenko¹ , Anton P. Karmazin² , Tamara S. Astarkhanova³  

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russian Federation

²Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Supervision, Moscow, Russian Federation

³RUDN University, Moscow, Russian Federation

✉ astarkhanova-ts@rudn.ru

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Article history: Received: 25 October 2023. Accepted: 1 November 2023.

For citation: Dolzhenko VI, Karmazin AP, Astarkhanova TS. Effects of pesticides on human health and environment. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2023; 18(4):455–463. doi: 10.22363/2312-797X-2023-18-3-455-463

Стратегия устойчивого развития сельского хозяйства предусматривает совершенствование системы земледелия и предполагает оптимальное применение пестицидов. Пестициды потенциально опасны для здоровья человека [1].

Наиболее опасны пестициды, характеризующиеся хронической токсичностью, которая связана со свойством накапливаться во всех цепях питания (вода, растительная и животная пища) — кумулятивностью.

Кумуляция характеризуется накоплением яда в организме в результате неполного разложения и вывода из организма. При функциональной токсичности, характерной для фосфорорганических препаратов, происходит «суммирование эффекта действия», попадая в организм, они «повреждают нервную систему и опасность возрастает при повторных контактах» [2].

Попадание пестицидов в организм человека происходит как при выполнении работ по защите растений, так и через растительную пищу при нарушении регламентов применения. Несмотря на то что пестициды губительны для окружающей среды, их «рациональное использование значительно повышает урожайность сельскохозяйственных культур, поэтому тема пестицидов остра и актуальна в наше время, когда планета находится на грани экологической катастрофы» [3].

Анализ движения пестицидов показал, что в 2020 г. наблюдался резкий скачок роста объема рынка, который составил 22 %. По данным Агентства плодородия в 2021 г. рост рынка химических средств защиты растений (ХСЗР) откатился до среднемировых значений в 5 %. По результатам 2021 г. «объем рынка составил 198 тыс. тонн, что на 5 % больше по сравнению с 2020 годом (188 тыс. тонн). За 5 лет рост рынка составил 31 % с показателя 2017 года в 151 тыс. тонн. Причиной роста рынка ХСЗР является, как и в 2020 году, увеличение стоимости сельскохозяйственной продукции, в особенности на пшеницу. Это позволило направить дополнительные деньги на приобретение пестицидов и агрохимикатов» [4, 5].

Анализом производства пестицидов установлена полная зависимость российского рынка пестицидов от иностранных поставок действующих веществ и препаратов, импортируемых из Китая и Индии. Из-за усиления экологического контроля в Китае было частично «приостановлено производство пестицидов, что привело к дефициту продукции на мировом рынке и росту цен. Несмотря на имеющиеся производственные мощности, возможность российских производителей средств защиты растений полностью обеспечить потребность в пестицидах остается зависимой от импортных действующих веществ» [6, 7].

У химических компаний Российской Федерации отсутствуют «необходимые технологии по производству действующих веществ. Из-за роста цен на импортные пестициды и действующие вещества в стоимостном значении российский рынок производителей и импортеров ХСЗР в 2021 г. вырос на 31 %, до 17 млрд руб. Доля российских производителей ХСЗР в 2021 г. снизилась по сравнению с 2020 г., но остается доминирующей на отечественном рынке — 52 %. Доля продаж отечественных гербицидов снизилась с 70 в 2020 г. до 64 % в 2021 г. В 2021 г. рост рынка продаж гербицидов произошел в основном за счет импортной продукции» [8, 9].

Продолжает снижаться «доля продаж инсектицидов, произведенных в Российской Федерации (с 74 % в 2017 г. до 40 % в 2021 г.). Рост доли продаж пестицидов российского производства зафиксирован только по прочим пестицидам (с 58 % в 2019 г. до 87 % в 2021 г.)» [10].

Пестициды используют при защите сельскохозяйственных культур против вредителей, болезней и сорных растений, их применение резко «снижает потери урожая сельскохозяйственных культур, сокращает затраты в сельском хозяйстве в 2–3 раза, позволяет ежегодно экономить сельскохозяйственную продукцию на 10...12 млрд руб. Но всегда стоит помнить о рисках и нежелательных эффектах. Лишь немногие страны следят за использованием пестицидов. Все требования принимаются в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза» [11]. Основным местом скапливания пестицидов является почва, а уже оттуда вредные вещества попадают в растения и окружающую среду.

В рамках реализации поручения Правительства Российской Федерации Россельхознадзор провел мониторинг сельскохозяйственной продукции на содержание остаточных количеств пестицидов во ввозимых кофе и чае.

За июль-сентябрь 2023 г. лабораториями Россельхознадзора было исследовано 290 партий кофе из 22 стран мира и 488 партий чая из 16 стран, в результате в 14 партиях кофе было выявлено содержание остаточных количеств пестицидов. В двух партиях кофе из Индии и Бразилии выявили пестицид Перметрин в 2 и 2,5 раза выше максимально допустимого уровня (МДУ). В 13 партиях обнаружены 7 действующих веществ пестицидов, которые не имеют российских нормативов и не зарегистрированы для использования на территории Российской Федерации.

Такая же ситуация отмечена и при анализе чая на остаточное количество пестицидов. В проанализированных 91 партий чая выявлены 6 нормируемых и 36 ненормируемых российским законодательством действующих веществ пестицидов. Имеются случаи выявления нескольких десятков действующих веществ

пестицидов в незначительных количествах в одном образце, подтверждающих факты высокоинтенсивных обработок чая в местах его производства. Одновременное поступление в организм человека незначительных количеств пестицидов разного механизма действия может привести к повышению отрицательного их воздействия за счет синергизма.

В трех партиях чая из Кении, Индии и Китая обнаружены остатки действующего вещества высокотоксичного фосфорорганического пестицида Метидатиона. Он еще производится в Китае, но с 2010 г. он полностью запрещен Федеральным агентством по охране окружающей среды (EPA) США, и в 2011 г. — в Европейском союзе.

По данным Китайского национального центра оценки рисков безопасности пищевых продуктов (Пекин) в 2021 г. в 50 % исследованных образцов растениеводческой продукции выявлялись запрещенные к применению или не имеющие МДУ пестициды. Ранжирование риска обнаруженных пестицидов показало, что Метидатион и Диметоат представляют наибольший риск, так как чрезвычайно высокотоксичны, обладают способностью кумулироваться в организме и вызывать опухоли [12, 13].

В партии индийского чая обнаружены остатки фосфорорганического инсектицида монокротофоса. Монокротофос запрещен в 129 странах мира в связи с доказанной мутагенностью, способностью вызывать мутации в организме человека. Оборот препарата регулируется Роттердамской конвенцией о процедуре предварительного обоснованного согласия в отношении отдельных опасных химических веществ и пестицидов в международной торговле [14, 15].

В партии чая из Китая был выявлен Линдан (хлорорганический пестицид), на который Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях введен международный запрет на использование в сельском хозяйстве.

Оценка риска безопасности выявленных действующих веществ при их повседневном поступлении в пищу с чаем и кофе не может быть полноценно проведена в связи с отсутствием МДУ.

Анализ по выявлению остаточных количеств пестицидов во ввозимой продукции на примере винограда показал, что все обнаруженные вещества не имеют нормативов и у препаратов на их основе истекли сроки действия регистрации в России. Выявленный в свежем винограде пестицид Амектоградин (фунгицид из класса триазолов) не нормируется, закончился срок регистрации в России и отсутствует МДУ [15]. Содержание гербицида Бифенил также не нормируется, в почве может храниться до двух лет, не установлен МДУ в винограде. Все обнаруженные пестициды (Метрафенон, Ацетамиприд, Диметоморф, Бупиримат, Дифениламин, Флювалинат и др.) относятся к 2-му классу опасности для человека и 3-му классу опасности для пчел. Некоторые из них разлагаются на несколько метаболитов, которых трудно идентифицировать. Виноград используется в пищу в свежем виде без термической обработки, что подтверждает их опасность для человека и необходимость ужесточения контроля за их содержанием и первоочередной разработки МДУ. Действующие вещества и их токсикологическая характеристика подтверждает их токсичность при поступлении в организм человека, особенно детей.

Все вышеуказанные данные подтверждают необходимость оперативного решения вопроса ввоза качественной растениеводческой продукции, особенно потребляемой в пищу в свежем виде. Этот важный показатель для здоровья человека разрабатывается Роспотребнадзором и включается СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

Для информации, в Российской Федерации, к сожалению, установлено всего 28 нормативов МДУ для чая и 25 — для кофе. В Европейском союзе нормируются МДУ для чая — 498 действующих веществ пестицидов и для кофе — 499.

Анализ показал необходимость урегулирования законодательства в сфере безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами и разработки МДУ пестицидов, особенно в растениеводческой продукции, которая потребляется в пищу в свежем виде.

Представленные данные обосновывают применение интегрированных систем защиты при производстве растениеводческой продукции и необходимости максимального замещения химических пестицидов биологическими препаратами российского производства в условиях импортозамещения.

Список литературы

1. Таланов Г.А. Остатки пестицидов в растениях и продукции животноводства. М., 1977. 55 с.
2. Горбатов В.С., Тихонов В.В., Астайкина А.А. Проблемы нормирования пестицидов в почве для целей их мониторинга // Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Основные результаты и пути развития: тезисы докладов Всерос. науч. конф. М., 2017. С. 681–683.
3. Горбатов В.С., Кононова Т.В. Структура и формы информации о пестициде // Нива Поволжья. 2011. № 1. С. 17–21.
4. Liang J.Y., Guo S.S., You C.X., Zhang W.J., Wang C.F., Geng Z.F., Deng Z.W., Du S.S., Zhang J. Chemical Constituents and Insecticidal Activities of *Ajania fruticulosa* Essential Oil // Chem. Biodivers. 2016. Vol. 13. № 8. P. 1053–1057. doi: 10.1002/cbdv.201500377
5. ГОСТ 32424-2013. Классификация опасности химической продукции по воздействию на окружающую среду. Основные положения. М.: Стандартинформ. 2014. 14 с.
6. Кокорева А.А. Экспериментальное исследование и математическое моделирование миграции имидаклоприда в дерново-подзолистых почвах: дис. ... канд. биол. наук. М., 2009.
7. Колупаева В.Н., Горбатов В.С., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Изучение разложения хлорсульфурина в полевых условиях // Агрохимия. 1992. № 8. С. 105–111.
8. Колупаева В.Н., Горбатов В.С., Астайкина А.А. Прогноз концентраций пестицидов в почвах с помощью математической модели PEARL и его использование при оценке риска применения пестицидов для почвенных организмов // Агрохимия. 2017. № 2. С. 34–39.
9. Кутовая О.В. Характеристика гумусовых веществ агродерново-подзолистой почвы и копролитов дождевых червей // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2012. № 69. С. 46–59.
10. Леонова А.А., Шеин Е.В., Горбатов В.С. Миграция гербицида метрибузина в почве: лизиметрические исследования и моделирование // Почвоведение. 2003. № 6. С. 745–753.
11. Методы оценки экологической опасности пестицидов при их регистрации: руководство по классификациям экологической опасности пестицидов / под ред. В.С. Горбатова. ВНИИФ, 2010. 17 с.
12. Мониторинг пестицидов в объектах природной среды Российской Федерации в 2016 году. Обнинск: ФГБНУ «Тайфун», 2017. 74 с.
13. МУК 4.1.2785–10.4.1 от 24.11.2010 г. Определение остаточных количеств паклобутразола в воде, почве, зеленой массе, семенах и масле рапса методом капиллярной газожидкостной хроматографии.
14. Распоряжение Правительства РФ от 08.07.2015 г. № 1316-р «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды».
15. Соколов М.С., Стрекозов Б.П. Последовательность и некоторые принципы нормирования пестицидов в почве // Химия в сельском хозяйстве. 1975. Т. 13. № 7. С. 63–66.

Об авторах:

Долженко Виктор Иванович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, руководитель Центра биологической регламентации, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Российская Федерация, 196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, д. 3; e-mail: dolzhenko@iczi.ru

ORCID: 0000-0002-8063-2707

Кармазин Антон Павлович — кандидат биологических наук, заместитель руководителя Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, Российская Федерация, 107996, г. Москва, Орликов переулок, д. 1/11; e-mail: Karmazinap@mail.ru

ORCID: 0000-0002-7155-4849

Астарханова Тамара Саржановна — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: astarkhanova-ts@rudn.ru

ORCID: 0009-0004-4349-9486

ENG

Strategy for sustainable agricultural development involves improving farming system and involves rational use of pesticides. Pesticides are potentially dangerous to human health [1].

The most dangerous pesticides are characterized by chronic toxicity, which is associated with cumulativity — property of accumulating in all food chains (water, plant and animal food).

Cumulation is characterized by accumulation of toxins in the body as a result of incomplete decomposition and removal. Organophosphorus pesticides possess functional toxicity. After entering the organism, they damage nervous system and danger increases with repeated contacts [2].

Pesticides enter the human body both during plant protection work and through plant food when application regulations are violated. Even though pesticides are destructive to the environment, their rational use significantly increases crop productivity. Thus, the pesticide issue is acute and relevant nowadays, when the planet is on the verge of an environmental disaster [3].

An analysis of pesticide traffic showed that in 2020 there was a sharp jump in market volume growth, which amounted to 22 %. According to the Fertility Agency, in 2021 growth of the market for chemical plant protection products (CPPP) fell back to the world average of 5 %. Based on the results of 2021, the market volume amounted to 198 thousand tons, which is 5 % more than in 2020 (188 thousand tons). Over 5 years, market growth amounted to 31 % from 151 thousand tons in 2017. As in 2020, the reason for growth of chemical plant protection market is increase in cost of agricultural products, especially wheat. This allowed allocating additional money to obtain pesticides and agrochemicals [4, 5].

An analysis of pesticide production has revealed the complete dependence of Russian pesticide market on foreign supplies of active ingredients and products, imported from China and India. Due to increased environmental control in China, production of pesticides

was partially suspended, which led to shortage of products on the world market and rising prices. Despite the available production capacity, ability of Russian chemical producers to fully meet the need for pesticides remains dependent on imported active ingredients [6, 7].

Chemical companies in the Russian Federation do not have the necessary technologies for production of active ingredients. Due to rising prices for imported pesticides and active ingredients, Russian market for producers and importers of chemical pesticides grew by 31 % to 17 billion rubles in 2021. The share of Russian producers of chemical pesticides in 2021 decreased compared to 2020, but remains dominant in Russian market — 52 %. Sales of domestic herbicides decreased from 70 in 2020 to 64 % in 2021. In 2021, herbicide sales market increased mainly due to imported products [8, 9].

Sales of insecticides produced in the Russian Federation continues to decline (from 74 in 2017 to 40 % in 2021). Increase in sales of Russian pesticides was recorded only for other pesticides (from 58 in 2019 to 87 % in 2021) [10].

Pesticides are used to protect agricultural crops against pests, diseases and weeds; their use greatly reduces losses in agricultural crop yields, reduces agricultural costs by 2–3 times, and allows savings of agricultural products by 10...12 billion rubles per year. But it is always worth remembering the risks and undesirable effects. Only few countries monitor pesticide use. All requirements are adopted in the Directive of the European Parliament and of the Council [11]. The main place of pesticide accumulation is the soil, from where harmful substances enter plants and the environment.

As part of implementation of Russian Government instructions, Rosselkhoz nadzor monitored agricultural products for the residual amounts of pesticides in imported coffee and tea.

During July-September 2023, Rosselkhoz nadzor laboratories examined 290 coffee lots from 22 countries and 488 tea lots from 16 countries. As a result, 14 coffee lots were found to contain residual amounts of pesticides. The pesticide Permethrin was 2 and 2.5 times higher than the maximum allowable level (MAL) in two lots of coffee from India and Brazil. 7 active ingredients of pesticides that do not have Russian standards and are not registered for use on the territory of the Russian Federation were found in 13 lots.

The same situation was noted when analyzing tea for residual amounts of pesticides. In the analyzed 91 lots of tea, 6 active ingredients of pesticides regulated by Russian legislation and 36 active ingredients of pesticides not regulated by Russian legislation were identified. There were cases of detecting several tens of active ingredients of pesticides in small quantities in one sample, confirming facts of high-intensity treatments of tea in places of its production. Simultaneous entry of small amounts of pesticides with different modes of action into human body can lead to increase in negative effects due to synergism.

Residues of active ingredient of highly toxic organophosphorus pesticide (Methidathion) were found in three tea lots from Kenya, India and China. Methidathion is still produced in China, but since 2010 it has been completely banned by the US Environmental Protection Agency (US EPA), and in 2011 — by the European Union.

According to the China National Center for Food Safety Risk Assessment (Beijing), in 2021, 50 % of the tested samples of crop products contained pesticides that were prohibited for use or did not have MALs. Risk ranking of the detected pesticides showed that Methidathione and Dimethoate pose the greatest risk, since they are extremely toxic, and have the ability to accumulate in the body and cause tumors [12, 13].

Residues of organophosphate insecticide Monocrotophos were found in tea lot from India. Monocrotophos is banned in 129 countries due to proven mutagenicity and ability to cause mutations in humans. Circulation of the pesticide is regulated by the Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade [14, 15].

Lindane (organochlorine pesticide), which was internationally banned for use in agriculture by the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, was identified in tea lot from China.

Safety risk assessment of the identified active ingredients when they are consumed daily with tea and coffee cannot be fully carried out due to the lack of MALs.

Pesticide residue analysis of imported products (grapes) showed that all detected substances do not have standards. Moreover, for products based on these active ingredients, the registration in Russia has expired. The pesticide Ametoctrazine (triazole fungicide) identified in fresh grapes is not standardized, registration in Russia has expired and there is no MAL [15]. Content of Biphenyl herbicide is also not standardized; it can remain in soil for up to two years; MAL in grapes has not been established. All detected pesticides (Metraphenone, Acetamiprid, Dimethomorph, Bupirimate, Diphenylamine, Fluvalinate, etc.) belong to the 2nd hazard class for humans and the 3rd hazard class for bees. Some of them degrade into several metabolites that are difficult to identify. Grapes are used fresh for food without heat treatment, which confirms pesticide danger to humans and the need to tighten control over their content and prioritize development of MALs. The active ingredients and their toxicological characteristics confirm their toxicity for humans, especially children.

All the above data require prompt actions in solving issue of importing high-quality crop products, especially those consumed fresh. This important indicator for human health is developed by Rospotrebnadzor and included in SanPiN no. 1.2.3685–21 (Hygienic standards and requirements for ensuring safety and (or) harmlessness of environmental factors to humans).

Unfortunately, it should be noted that only 28 MAL standards have been established for tea and 25 — for coffee in the Russian Federation. In the European Union, there are 498 MALs for pesticide active ingredients in tea and 499 — in coffee.

The analysis showed the need to regulate legislation for safe handling of pesticides and agrochemicals and development of MALs for pesticides, especially in plant products that are consumed fresh.

The data presented substantiate the use of integrated protection systems in production of plant products and the need for maximum replacement of chemical pesticides with Russian biological agents in conditions of import substitution.

References

1. Talanov GA. *Ostatki pestitsidov v rasteniyakh i produkcii zhivotnovodstva* [Pesticide residues in plants and livestock products]. Moscow; 1977. (In Russ.).
2. Gorbatov VS, Tikhonov VV, Astaikina AA. Problems of pesticide rationing in soil for the purposes of their monitoring. In: *Monitoring of the state and pollution of the environment. The main results and ways of development*. Moscow; 2017. p.681–683. (In Russ.).
3. Gorbatov VS, Kononova TV. Structure and forms of information about a pesticide. *Niva Povolzhya*. 2011;(1):17–21. (In Russ.).
4. Liang JY, Guo SS, Yu KH, Zhang VJ, Wang KF, Geng ZF, et al. Chemical components and insecticidal activity of *Ajanía fruticulosa* essential oil. *Chemistry and Biodiversity*. 2016;13(8):1053–1057. doi: 10.1002/cbdv.201500377
5. Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. GOST 32424–2013. *Classification of hazard chemical products by environmental impact. Basic provisions*. Moscow: Standartinform publ.; 2014. (In Russ.).
6. Kokoreva AA. *Eksperimental'noe issledovanie i matematicheskoe modelirovanie migratsii imidakloprida v derno-podzolistykh pochvakh* [Experimental study and mathematical modeling of imidacloprid migration in sod-podzolic soils]. Moscow; 2009. (In Russ.).
7. Kolupaeva VN, Gorbatov VS, Spiridonov YY, Shestakov VG. Studying the decomposition of chlorosulfuron in the field. *Agrohimia*. 1992;(8):105–111. (In Russ.).
8. Kolupaeva VN, Gorbatov VS, Astaikina AA. The forecast of pesticide concentrations in soils by simulation model PEARL and its application for risk assessment of pesticide for soil organisms. *Agrohimia*. 2017;(2):34–39. (In Russ.).
9. Kutovaya OV. Characteristics of humus and coprolites of earthworms in agro-soddy podzolic soils. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2012;(69):46–59. (In Russ.). doi: 10.19047/0136-1694-2012-69-46-59
10. Leonova AA, Shein EV, Gorbatov VS. Migration of herbicide metribuzin in the soil: lysimetric study and simulation. *Eurasian soil science*. 2003;36(6):669–676. (In Russ.).
11. Gorbatov VS. *Metody otsenki ekologicheskoi opasnosti pestitsidov pri ikh registratsii: rukovodstvo po klassifikatsiyam ekologicheskoi opasnosti pestitsidov* [Methods of assessing the environmental hazard of pesticides during their registration: guide to classifications of environmental hazards of pesticides]. Bolshie Vyazemy; 2010. (In Russ.).
12. *Monitoring pestitsidov v ob»ektakh prirodnoi sredy Rossiiskoi Federatsii v 2016 godu* [Monitoring of pesticides in the natural environment of the Russian Federation in 2016]. Obninsk: Taifun; 2017. (In Russ.).
13. Instructional guidelines no. 4.1.2785–10.4.1 dated 24.11.2010. *Opredelenie ostatkovykh kolichestv paklobutrazola v vode, pochve, zelenoi masse, semenakh i masle rapsa metodom kapillyarnoi gazozhidkostnoi khromatografii* [Determination of residual amounts of paclobutrazole in water, soil, green mass, seeds and rapeseed oil by capillary gas-liquid chromatography]. (In Russ.).
14. Government Order of the Russian Federation no. 1316-r dated 08.07.2015. *Ob utverzhdenii perechnya zagryaznyayushchikh veshchestv, v otoshenii kotorykh primenyayutsya mery gosudarstvennogo regulirovaniya v oblasti okhrany okruzhayushchei sredy* [On approval of the list of pollutants in respect of which state regulation measures in the field of environmental protection are applied. (In Russ.).
15. Sokolov MS, Strekozov BP. Sequence and some principles of pesticide rationing in soil. *Chemistry in agriculture*. 1975;13(7):63–66.

About authors:

Dolzhenko Viktor Ivanovich — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Center for Biological Regulation, All-Russian Institute of Plant Protection, 3 Podbelskogo highway, Pushkin, St. Petersburg, 196608, Russian Federation; e-mail: dolzhenko@icrz.ru
ORCID: 0000-0002-8063-2707

Karmazin Anton Pavlovich — Candidate of Biological Sciences, Deputy Head of the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Supervision, 1/11 Orlikov lane, Moscow, 107996, Russian Federation; e-mail: Karmazinap@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7155-4849

Astarkhanova Tamara Sarzhanovna — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Agrobiotechnological Department, Agrarian and Technological Institute, RUDN University, 8/2 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: astarkhanova-ts@rudn.ru
ORCID: 0009-0004-4349-9486