

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025

Русаков В.Н., Сетко А.Г., Немова О.А.

# Химическая безопасность пищевых продуктов: новые вызовы и пути их решения (обзор литературы)

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

## РЕЗЮМЕ

**Введение.** Химические загрязнители пищевой продукции, воздействуя на здоровье человека, являются серьезной проблемой здравоохранения. В то же время третья цель устойчивого развития Организации Объединённых Наций (ООН) направлена на существенное сокращение заболеваний, вызванных химическим загрязнением к 2030 г.

**Цель исследования** — анализ данных литературы для выявления приоритетных проблем загрязнения пищевой продукции химическими контаминантами и поиск путей решения.

**Материал и методы.** Изучены научные статьи и обзоры с использованием информационных порталов eLIBRARY.ru, Scencedirect, PubMed и Scopus.

**Результаты.** Установлено, что к актуальным проблемам химической безопасности пищевых продуктов следует отнести их загрязнение остатками пестицидов, нитритами и нитратами, токсичными элементами, стойкими органическими загрязнителями, микотоксинами и фикотоксинами. Продукты миграции из тары и упаковки, а также микропластик по-прежнему являются источником загрязнения пищевых продуктов. Не потеряли своей актуальности проблемы фальсификации и выявления незаявленных в маркировке веществ.

**Заключение.** Обеспечение химической безопасности пищевой продукции требует совершенствования нормативной и методической базы для оценки безопасности и контроля качества, что предусматривает мониторинг загрязнения пищевого сырья и пищевой продукции химическими контаминантами, оценку риска воздействия новых контаминантов и разработку высокочувствительных методов их обнаружения и идентификации, включая экспресс-тестирование.

**Ограничения исследования.** Исследование ограничено изучением открытых литературных источников при описании проблем, связанных с химической безопасностью пищевых продуктов.

**Ключевые слова:** химические контаминанты; пестициды; микотоксины; химическая безопасность пищевых продуктов; фикотоксины

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Для цитирования:** Русаков В.Н., Сетко А.Г., Немова О.А. Химическая безопасность пищевых продуктов: новые вызовы и пути их решения (обзор литературы). *Токсикологический вестник*, 2025; 33(2): 108–115. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2025-33-2-108-115>

**Для корреспонденции:** Русаков Владимир Николаевич, e-mail: rusakov.vn@fnccg.ru

**Участие авторов:** Русаков В.Н. – концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, написание текста, редактирование; Сетко А.Г. – написание текста, редактирование; Немова О.А. – редактирование. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила в редакцию: 15 октября 2024 / Поступила после доработки: 28 февраля 2025 / Принята в печать: 28 февраля 2025 / Опубликовано: 30 апреля 2025

Vladimir N. Rusakov, Andrey G. Setko, Olga A. Nemova

# Chemical safety of food products: problems and solutions (literature review)

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

## ABSTRACT

**Introduction.** Chemical pollutants in food affect human health, which is becoming a very serious health problem and corresponds to the third UN Sustainable Development Goal, which aims to significantly reduce diseases caused by chemical pollution by 2030.

**The purpose of the study** was to identify, according to the scientific literature, priority problems of contamination of food products with chemical contaminants, which are currently of scientific and practical importance, and to outline ways to solve them.

**Material and methods.** A scientific review of studies in Russian and English was carried out using the information portals eLIBRARY.ru, Science Direct, PubMed and Scopus. The search was conducted using the keywords “current problems of chemical food safety”, “chemical contaminants of food”, “pesticides”, “nitrates”, “mycotoxins”, “persistent organic pollutants”, “phycotoxins”, “new food source”.

**Results.** It has been established that the current problems of chemical safety of food products include their contamination with pesticide residues, nitrites and nitrates, mycotoxins, toxic elements, persistent organic pollutants. One of the problems is the detection and identification of emergent and modified (masked) mycotoxins. Seafood may contain dangerous substances – phycotoxins. Phycotoxins can cause both acute poisoning and long-term negative effects, including carcinogenic. Food packaging can also be a source of contamination of food products. Microplastics should be considered as a new growing contaminant of food products. The emergence of new types of food represents a modern problem of chemical safety. The problem of falsification and detection of substances not declared in the labeling is still relevant.

**Conclusions.** Ensuring the chemical safety of food products can be achieved by improving the regulatory and methodological framework for assessing the safety and quality control of food products. This also includes monitoring the contamination of food raw materials and food products with chemical contaminants, assessing the risk of exposure to new contaminants and developing highly sensitive methods for their detection and identification, including rapid testing.

**Limitations.** The study is limited to the study of open literature sources when describing problems related to chemical safety of food products.

**Keywords:** *chemical contaminants; pesticides; mycotoxins; chemical food safety; phycotoxins*

**Compliance with ethical standards.** The study does not require the submission of the conclusion of the biomedical ethics committee or other documents.

**For citation:** Rusakov V.N., Setko A.G., Nemova O.A. Chemical safety of food products: problems and solutions (literature review). *Toxikologicheskij vestnik / Toxicological Review*. 2025; 33(2): 108–115. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2025-33-2-108-115> (In Russian)

**For correspondence:** Vladimir N. Rusakov, e-mail: [rusakov.vn@fncg.ru](mailto:rusakov.vn@fncg.ru)

**Authors' contribution:** Rusakov V.N. – the concept and design of the study, collection and processing of material, writing text; editing; Setko A.G. – writing text; editing; Nemova O.A. – editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and the approval of the final version of the article.

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

**Funding.** The study had no sponsorship.

Accepted: October 15, 2024 / Revised: February 28, 2025 / Accepted: February 28, 2025 / Published: April 30, 2025

## Введение

Химические загрязнители пищевой продукции, воздействуя на здоровье человека, являются серьезной проблемой здравоохранения. В то же время третья цель устойчивого развития ООН направлена на существенное сокращение заболеваний, вызванных химическим загрязнением к 2030 г.

К химическим загрязнителям относят разнообразные химические вещества, которые присутствуют в природе или созданы искусственно и способны задерживаться в пищевой продукции, попадая в организм человека в разных количествах и в различных комбинациях. Среди основных загрязняющих веществ выделяют токсичные элементы, такие как свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, никель и другие, а также микотоксины, пестициды, нитраты, нитриты, нитрозамины, полихлорированные бифенилы, полициклические ароматические углеводороды, токсины морских организмов и так далее. Важно учитывать, что некоторые соединения, являющиеся необходимыми для организма человека (например, селен, фтор, железо, медь, марганец, цинк, витамины D и A и другие), при превышении дозы могут привести к значительным токсическим последствиям.

*Цель исследования* — анализ литературных данных для выявления приоритетных проблем загрязнения пищевой продукции химическими контаминантами и поиск путей решения.

## Материал и методы

Изучены научные статьи и обзоры с использованием информационных порталов eLIBRARY.ru, Scencedirect, PubMed и Scopus.

## Результаты и обсуждение

Анализ материалов научных исследований и данные мониторинга безопасности пищевой продукции в Российской Федерации, позволили объективно выявить и оценить приоритетные загрязнители, влияющие на химическую безопасность пищевой продукции и продовольственного сырья.

В 2023 г. пищевая продукция, исследованная учреждениями Роспотребнадзора, не соответствовала нормативам безопасности по санитарно-химическим показателям в результате контаминации: токсичными элементами на 0,12%, пестицидами на 0,09%, нитратами на 0,98%, микотоксинами на 0,04%. По сравнению с 2014 г. в 2023 г. отмечен рост контаминации продуктов питания пестицидами в 3 раза, микотоксинами — на 33,3% [1].

В настоящее время увеличение объема и ассортимента применяемых в РФ пестицидов и агрохимикатов приводит к возрастанию риска контаминации ими пищевой продукции и продовольственного сырья.

В 2023 г. в РФ посевные площади рапса выросли на 48,5%; подсолнечника — на 24%, сои — на 18,9%. Увеличение посевных площадей стимулирует спрос на средства защиты растений. В 2023 г. в России наблюдался рост использования пестицидов в 4,5 раза (с 51 тыс. т в 2010 г. до 230 тыс. т в 2023 г.) [2].

Накопленные остатки пестицидов в пищевой продукции связаны с широким спектром опасности для здоровья человека, начиная от краткосрочных эффектов и заканчивая долгосрочными токсическими эффектами [3–6]. Например, фосфор-, хлорорганические и родственные им пестициды нарушают функцию нервной системы, приводя в тяжёлых случаях к параличу и смерти [7].

Отсутствие глобальной гармонизации максимальных остаточных количеств пестицидов (MRL) стало серьезной проблемой для ряда стран-экспортеров, включая Российскую Федерацию [2, 6]. Дополнительную сложность создают особенности регулирования пестицидов на национальном уровне, которые могут значительным образом варьироваться от страны к стране.

Сравнение результатов многолетней программы контроля пестицидов в пищевой продукции Европейского Союза (EU MASP) за 2018 и 2021 гг. показывает, что общий уровень превышения максимальных остаточных количеств вырос с 1,4% в 2018 г. до 2,1% в 2021 г. Множественные остатки были зарегистрированы в 26,4% (23 177) образцов [5].

Удаление остатков пестицидов из пищевой продукции имеет важное значение для снижения воздействия пестицидов на человека. Для разложения остатков пестицидов в зависимости от типа пестицида и параметров обработки применяются новые технологии, такие как холодная плазма, импульсное электрическое поле, облучение, ультразвуковая обработка [8,9].

По-прежнему актуальной остаётся проблема контаминации пищевой продукции *нитратами* и *нитритами*. Они широко распространены в окружающей среде и естественным образом встречаются в продуктах растительного происхождения как часть азотного цикла. Кроме того, эти соединения используются в качестве добавок для улучшения качества пищи и защиты от микробного загрязнения и химических изменений. Некоторые овощи, такие как сырой шпинат, свёкла, сельдерей и салат, считаются содержащими высокие концентрации нитратов. Из-за высокого потребления ово-

щей они были определены как основной источник нитратов в рационе человека. Обработанное мясо является ещё одним источником нитратов в нашем рационе, поскольку мясная промышленность использует нитраты/нитриты в качестве добавок в процессе консервирования мяса [10]. Среднесуточное потребление нитратов с пищей колеблется от 30 мг/л до 1340 мг/л в день (7–29 мг/л  $\text{NO}_3 - \text{N}$ ). Опасность нитратов и нитритов заключается в образовании N-нитрозоаминов в результате реакции окисления вторичных аминов, присутствующих в организме. N-нитрозоамины являются доказанными канцерогенами и репродуктивными токсикантами [10–12].

Контаминация пищевых продуктов *токсичными элементами (тяжёлыми металлами)* представляет собой серьёзную проблему. Тяжёлые металлы являются политропными ядами, оказывающими воздействие на все органы и системы.

Исследование данных о химическом загрязнении детского питания токсичными веществами и уровнях заболеваемости среди детей в возрасте от 0 до 14 лет в Российской Федерации за период с 2012 по 2017 г. выявило связь между наличием токсичных элементов (таких как ртуть, свинец, кадмий, мышьяк) в пище как превышающих предельно допустимые концентрации, так и находящихся ниже них (но всё ещё обнаруживаемых), и ростом заболеваемости злокачественными новообразованиями и ожирением среди детей указанного возраста. Контаминация детского питания токсичными элементами (включая молочные смеси и прикорм для младенцев, а также мясные, макаронные и хлебобулочные изделия для старших детей) оказывает влияние на развитие физических отклонений, связанных с избыточной массой тела у детей и подростков [13].

Безусловно, важной проблемой остаётся контаминация пищевых продуктов стойкими органическими загрязнителями.

Исследования, проведенные в Германии, показали, что воздействие на людей через пищу полибромированных дефиниловых эфиров является наиболее значимым [14], а морепродукты были названы основным его источником [16].

Перфторированные соединения обнаруживались в морепродуктах в Китае и Германии [16].

Продукты миграции из тары и упаковки, а также микропластик (МП) по-прежнему являются источником загрязнения пищевых продуктов. Так, для бисфенола А, признанного эндокринного разрушителя, Европейское агентство по безопасности пищевой продукции (EFSA) в 2021 г. рекомендовало значительное снижение допустимой суточной дозы до 0,04 нг/кг массы тела/день [17].

*Микропластик* был идентифицирован как новый загрязнитель окружающей среды, особенно влияющий на морскую экосистему, но его также следует рассматривать как растущий загрязнитель пищевых продуктов. От пяти до тринадцати тонн пластика (1,5–4% от общего мирового производства) ежегодно попадает в морские экосистемы. Кроме того, МП также представляет растущий риск для наземных экосистем, поскольку МП был обнаружен и в сельскохозяйственных почвах [18].

Во многих исследованиях было выявлено присутствие МП в продуктах питания и напитках, но имеющиеся в настоящее время данные можно считать не только недостаточными, но и сомнительными по качеству.

Несмотря на то, что инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR) является наиболее широко используемым методом обнаружения, отсутствие консенсуса относительно единой номенклатуры и стандартизированного метода количественной оценки, поскольку используются и другие методы, такие как рамановская спектроскопия или термоэкстракция и десорбция ГХ/МС, влияет на качество данных [18].

Рыба, ракообразные и моллюски, питьевая вода и соль являются основными категориями продуктов питания с отчётами о наличии МП [19–24].

Однако МП также был обнаружен в других продуктах питания, таких как:

- сахар –  $249 \pm 130$  частиц/кг;
- фрукты – 5,2 частиц/100 г;
- овощи – 6,4 частиц/100 г;
- злаки – 5,7 частиц/100 г;
- мёд – 1992–9752 частиц/кг;
- мясо – 9,6 частиц/100 г;
- молочные продукты – 8,1 частиц/100 г;
- безалкогольные напитки –  $40 \pm 24,53$  частиц/л;
- чай –  $11 \pm 5,26$  частиц/л;
- энергетические напитки –  $14 \pm 5,79$  частиц/л;
- пиво –  $152 \pm 50,97$  частиц/л [21].

Размер МП, по-видимому, играет важную роль в их токсикокинетике, поскольку было отмечено, что их желудочно-кишечная абсорбция достигает только 0,3% от принятых МП и ограничивается МП размером менее 1,5 мкм [22]. Некоторые данные свидетельствуют о том, что МП способны проходить через плацентарный барьер человека.

Что касается токсикодинамики этих пищевых загрязнителей, предполагается, что механизм их действия у людей подобен механизму, наблюдаемому у животных [23]. Поэтому следует ожидать, что МП могут влиять на многие молекулярные пути, нарушать генетическую экспрессию контроля окислительного стресса и активировать

экспрессию ядерного фактора E2 (*Nrf2*), среди прочего. Изменения в окислительном стрессе, иммунном ответе, геномной нестабильности, эндокринной системе, нейротоксичности, репродуктивных нарушениях, эмбриотоксичности и трансгенерационной токсичности, среди прочего, могут быть следствием этих механизмов действия [24].

В качестве потенциальных последствий для здоровья, связанных с воздействием МП, были описаны такие явления, как истирание тканей, кишечная непроходимость, хроническое воспаление, снижение массы тела и метаболизма, нейротоксичность, изменения поведения, рак, нарушение фертильности, увеличение смертности и заболеваемости, а также многие другие [24].

Серьезную проблему безопасности пищевой продукции представляют *микотоксины (МТ)*. Они загрязняют до 60–80% продуктов питания, производимых во всем мире [25]. Согласно данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), до 25% мирового продовольственного зерна содержит загрязнения МТ. Помимо зерновых, МТ также находят в других массово потребляемых растительных продуктах, таких как орехи, овощи, фрукты, чай, специи и пряности. Устранение МТ довольно сложно из-за устойчивости к физическим, химическим и биологическим методам.

Микотоксины, вызывающие наибольшую озабоченность, вырабатываются видами плесневых грибов из четырех основных родов – *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium* и *Fusarium* [26, 27]. Хотя было идентифицировано более 300 микотоксинов, шесть из них (афлатоксины, трихотецены, зеараленон, фумонизины, охратоксины и патулин) регулярно обнаруживаются в пищевых продуктах. Они оказывают токсическое воздействие, обладают канцерогенным, мутагенным, тератогенным, иммуно-, гепато-, нефро- и нейротоксическим действиями.

Грибы *Aspergillus* и *Penicillium*, являющиеся складскими, обычно заражают сырье на стадии хранения. Грибы рода *Fusarium* развиваются прямо на растениях в период их роста. Условно их можно разделить на две группы: первая – это развитие плесени в полевых условиях, вторая – на стадии хранения. Из-за растущих опасений потребителей относительно качества пищевой продукции, особое внимание при исследовании МТ было уделено афлатоксинам В1, G и М1, охратоксину А и ряду других [28].

Поскольку один вид гриба может вырабатывать разные МТ, а грибы различных родов могут

инфицировать одни и те же культуры, одновременное присутствие разных МТ в пище становится еще более вероятным. Их комбинированное воздействие может привести к различным сочетаниям побочных действий [29].

Одной из проблем является обнаружение *модифицированных (замаскированных) МТ*.

Модифицированные МТ можно описать как метаболиты исходных микотоксинов, вырабатываемых в растении растительными ферментами в результате их защитной реакции на заражение плесенью, они могут быть синтезированы самими плесеньями или иметь абиотическое происхождение из-за химической реакции между исходным токсином и матрицей, которая происходит во время обработки пищевых продуктов [29, 30].

Первым модифицированным МТ, обнаруженным до того, как их назвали «замаскированными микотоксинами», был афлатоксин М1, который является метаболитом афлатоксина В1, образующимся в результате гидроксирования в организмах животных, потребляющих корм, загрязненный этим микотоксином. После этого открытия в 1980-х гг. было обнаружено еще одно соединение, полученное из зеараленона. В последние годы обнаружение различных форм МТ только возросло. Поскольку заражение *Fusarium* обычно происходит в полевых условиях, их МТ являются наиболее доминирующими мишенями для конъюгации с сахарами, аминокислотами или сульфатными группами в процессе конверсии, осуществляемой растениями-хозяевами. Наиболее часто модифицируемые МТ принадлежат к семейству фузариотоксинов и представляют собой связанные глюкозные конъюгаты дезоксиниваленола (DON3G), зеараленона (ZEA14G,  $\alpha$ -ZEL14G,  $\beta$ -ZEL14G), зеараленон-14-сульфата (ZEA14S), ниваленола (NIV3G), эфиров фумонизина, Т-2/НТ-2 (Т-2 и НТ2G) и некоторых других [30].

Все более актуальной проблемой является возникновение так называемых «эмерджентных» МТ. Эта группа в настоящее время состоит из нерегулируемых МТ, продуцируемых *Fusarium* spp., которые включают боверицин (BEA), энниатины (ENNs) и фузапролиферин (FUS). Допустимые уровни для этих МТ не установлены, поскольку недостаточно данных относительно их токсичности, встречаемости и уровней загрязнения [31].

К перспективным технологиям обнаружения МТ относятся: протеомика и геномные методы, молекулярные методы, электронные носы, эмиссионные красители, вызванные агрегацией, количественный ЯМР и гиперспектральная визуализация [32, 33].

В последние годы *морепродукты*, включая произведённые в России, занимают всё более значительное место в рационе. Однако они могут содержать опасные вещества — *фикотоксины*.

Исходя из их химической структуры, фикотоксины разделены на восемь категорий: азаспирациды (AZA), бреветоксины (BTX), циклические имины (CI), доваевая кислота (DA), окадаевая кислота (OA), пектенотоксины (PTX), сакситоксины (STX) и йессотоксины (YTX). Были также выделены две дополнительные категории — палитоксины (PITX) и тетродотоксин (TTX) [34].

*Фикотоксины* способны вызывать как острые отравления, так и отдаленные эффекты, включая канцерогенный. Ежегодно в мире фиксируются случаи отравления фикотоксинами, некоторые из которых заканчиваются смертельным исходом, доказано, что технологическая обработка не устраняет их полностью из продуктов. Отсутствие задокументированных случаев отравлений в России, вероятно, связано с недостаточной информированностью медиков о риске отравлений фикотоксинами при потреблении морепродуктов и размытостью клинической картины при малых дозах токсинов, а также тем, что основная часть морепродуктов импортируется из стран, где контроль за данными соединениями более строгий.

Среди множества видов микроводорослей, существующих в природе, примерно сотня способна вырабатывать природные токсины, которые могут вызвать отравление или даже привести к смерти людей и животных. Эти токсины попадают в пищевые цепочки и, в конечном итоге, употребляются человеком, что может вызвать заболевания или, в самых тяжелых случаях, летальный исход. Вспышки отравлений у людей, вызванные морскими биотоксинами, могут проявляться разными симптомами, обусловленными конкретным токсичным веществом.

Наиболее опасные биотоксины продуцируются водорослями, принадлежащими к родам *Alexandrium*, *Gymnodinium*, *Dinophysis* и *Pseudo-nitzschia*.

Моллюски, такие как мидии, устрицы и другие, являются фильтраторами, способными накапливать биотоксины в рамках своих естественных пищевых привычек. Воздействие токсинов на здоровье потребителей зависит от количества употребленных моллюсков и концентрации токсинов в их тканях [35]. Не только двустворчатые моллюски, но и иглокожие, оболочники, морские брюхоногие моллюски и ракообразные также могут переносить эти токсины [36].

Современную проблему химической безопасности представляет появление *новых видов продовольствия*.

Наибольший интерес с точки зрения токсикологии представляют такие новые альтернативные пищевые продукты, как культивируемое мясо и белок из насекомых. Для каждой из этих категорий «новой пищи» выявлены некоторые потенциальные риски для здоровья потребителей. Общие потенциальные угрозы включают наличие незаявленных или случайно присутствующих химических веществ, вероятность повышения чувствительности иммунной системы человека, а также изменения в биологической ценности белка.

Чтобы обеспечить определенную структуру культивируемого мяса и облегчить организацию клеток, на этапе дифференциации используются каркасы или микроносители [37]. Хотя каркасы и микроносители поддерживают дифференциацию, их химические компоненты могут выщелачиваться в культивируемое мясо, создавая риски токсичности и опасности аллергенов. Химическое загрязнение может происходить из-за отсоединенных каркасов или компонентов микроносителей. Антибиотики, добавляемые для контроля микробного загрязнения, и чистящие реагенты, используемые в биореакторах, также представляют химические риски.

Съедобные насекомые могут содержать виды грибов, которые могут вырабатывать микотоксины. Например, *Aspergillus* spp. был обнаружен у сверчков, тогда как различные виды *Penicillium* были связаны с муравьями, пчелами и жуками [38].

Тяжелые металлы, в частности мышьяк, кадмий и свинец, были определены как проблемы безопасности пищевых продуктов у съедобных насекомых [39]. Имеются данные, позволяющие предположить, что съедобные насекомые, как выращенные, так и дикие, могут накапливать стойкие органические загрязнители (СОЗ), включая, помимо прочего, фосфорорганические антипирены, полихлорированные бифенилы и хлорорганические пестициды [39, 40].

Известно, что некоторые микроорганизмы, используемые для производства микробных белков, накапливают или поглощают тяжёлые металлы. Например, было задокументировано, что *Chlorella* spp. накапливает кадмий и мышьяк, мицелий *Pleurotus ostreatus* (вешенка) может биоконцентрировать медь и кобальт, тогда как *Aspergillus* и *Fusarium* могут выступать в качестве биосорбентов для тяжёлых металлов, включая кадмий, хром и свинец [41, 42]. Следовательно, важно обеспечить мониторинг субстратов для роста на предмет уровней загрязняющих веществ тяжёлых металлов.

По-прежнему актуальной является проблема фальсификации и выявления незаявленных в маркировке веществ.

В 2022 г. Роспотребнадзором было проведено более 975 тыс. исследований пищевой продукции с целью выявления незаявленных в маркировке веществ: 20,0% таких было выявлено в рыбе, нерыбных объектах промысла и продуктах, вырабатываемых из них; 13,5% — в масличном сырье и жировой продукции; 13,0% — в птице, яйцах и продуктах их переработки; 12,8% — в напитках.

Чаще всего незаявленными веществами оказываются токсичные элементы, консерванты и пестициды. В 2022 г. в пищевой продукции обнаружены глютен (18,51%), консерванты (17,66%), токсичные элементы (7,83%), глицидол и глицидиловые эфиры (3,41%), лактоза (5,51%), микробная трансглутаминаза (3,03%), подсластители (2,78%), пестициды (2,03%), антимикробные препараты (1,36%), нитрозамины (1,29%), ГМО (0,66%), микотоксины (0,31%), β-адреностимуляторы (0,25%), красители (0,16%). Из общего превышения допустимого уровня выявлены по глютену (5,83%), микробной трансглутаминазе (2,63%), ингибиторам фосфоди-эстеразы-5 (0,78%), консервантам (0,52%), подсластителям (0,44%), пестицидам (0,14%), антимикробным препаратам (0,05%), красителям (0,07%), токсичным элементам (0,02%), ГМО (0,02%), микотоксинам (0,01%) [43].

**Ограничения исследования.** Исследование ограничено изучением открытых источников научной литературы при описании проблем, связанных с химической безопасностью пищевых продуктов.

## Заключение

Установлено, что к актуальным проблемам химической безопасности пищевых продуктов следует отнести их загрязнение остатками пестицидов, нитритами и нитратами, токсичными элементами, стойкими органическими загрязнителями, микотоксинами и фикотоксинами. Продукты миграции из тары и упаковки, а также микропластик по-прежнему являются источником загрязнения пищевых продуктов. Не потеряли своей актуальности проблемы фальсификации и выявления незаявленных в маркировке веществ.

Обеспечение химической безопасности пищевой продукции требует совершенствования нормативной и методической базы для оценки безопасности и контроля качества, что предусматривает мониторинг загрязнения пищевого сырья и пищевой продукции химическими контаминантами, оценку риска воздействия новых контаминантов и разработку высокочувствительных методов их обнаружения и идентификации, включая экспресс-тестирование.

Ключевую роль в повышении уровня доверия потребителей и профессиональной осведомленности работников пищевой индустрии играет уровень образования, широкое освещение вопросов химической безопасности. Распространение знаний о потенциальных рисках и мерах предосторожности помогает минимизировать случаи загрязнения продуктов питания на всех этапах их производства и потребления. Также важно развивать образовательные программы и кампании, направленные на повышение культуры питания и ответственного отношения к здоровью, что в дальнейшем формирует основу для устойчивого развития системы обеспечения безопасности пищевых продуктов.

## ЛИТЕРАТУРА

(пп. 3–12, 14–26, 28–42 см. в References)

1. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году». Доступно: <https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT>
2. Тареев А.И., Березнов А.В., Смирнов В.В., Тареева А.А., Кислая С.С. Мировой рынок химических средств защиты растений: потенциальные потери урожая, тренды и перспективы производства пестицидов для экономики России. *Техника и технология пищевых производств*. 2024; 54(2): 10–329. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2508>
3. Тихонова Ю.Л., Милушкина О.Ю., Калиновская М.В., Симкалова Л.М. Сравнительный анализ химического загрязнения продуктов питания и показателей здоровья детского населения в Российской Федерации. *Здоровье населения и среда обитания*. 2020; (1): 13–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-322-1-13-18>
27. Чернова А.В., Петровичева А.В., Демиденко Е.О. Исследование проблемы контаминации пищевых продуктов токсигенными микотоксинами. *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2023; 63(1): 28–35.
43. Государственный доклад «Защита прав потребителей в Российской Федерации в 2022 году». Роспотребнадзор. [https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT\\_ID=25077](https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=25077)

## REFERENCES

1. State report "On the sanitary-epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2023" [Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiyskoy Federatsii v 2023 godu]. URL: [https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT\\_ID=27779](https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=27779) (in Russian)
2. Tareev A.I., Bereznov A.V., Smirnov V.V., Tareeva A.A., Kislaya S.S. World market of chemical plant protection products: potential crop losses, trends, and production prospects for the Russian economy [Mirovoy ryok khimicheskikh sredstv zashchity rasteniy: potentsial'nye poteri urozhaya, trendy i perspektivy proizvodstva pestitsidov dlya ekonomiki Rossii]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2024; 54(2): 10–329. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2508> (in Russian)
3. Kubiak-Hardiman P., Haughey S., Meneely J. Identifying gaps and challenges in global pesticide legislation that impact the protection of consumer health: rice as a case study. *Exposure and Health*. 2023; 15: 597–618. <https://doi.org/10.1007/s12403-022-00508-x>
4. Mishra P., Sharma A., Sharma D. A study on harmful effects of pesticide residue in vegetables. *International Journal of Recent Research and Review*. 2014; 7(1): 45–8.
5. EFSA, Carrasco Cabrera L., Medina Pastor P. The 2020 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*. 2022; 20(3): e07215. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7215>

6. Reeves W.R., McGuire M.K., Stokes M., Vicini J.L. Assessing the safety of pesticides in food: how current regulations protect human health. *Advances in Nutrition*. 2019; 10(1): 80–8.
7. Kori R.K., Singh M.K., Jain A.K., Yadav R.S. Neurochemical and behavioral dysfunctions in pesticide exposed farm workers: a clinical outcome. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*. 2018; 33(4): 372–81. <https://doi.org/10.1007/s12291-018-0791-5>
8. Bhargava N. et al. Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics sonochemistry*. 2021; 70: 105293. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105293>
9. Pandiselvam R., et al. Research trends and emerging physical processing technologies in mitigation of pesticide residues on various food products. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022; 29(30): 45131–49. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20338-3>
10. Karwowska M., Kononiuk A. Nitrates/Nitrites in Food-Risk for Nitrosative Stress and Benefits. *Antioxidants*. 2020; 9(3): 241. <https://doi.org/10.3390/antiox9030241>
11. Ward M.H., et al. Drinking water nitrate and human health: an updated review. *International journal of environmental research and public health*. 2018; 15(7): 1557.
12. Singh S., Anil A.G., Kumar V., Kapoor D., Subramanian S., Singh J., Ramamurthy P.C. Nitrates in the environment: A critical review of their distribution, sensing techniques, ecological effects and remediation. *Chemosphere*. 2022 Jan; 287(1): 131996. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131996>
13. Tikhonova Y.L., Milushkina O.Y., Kalinovskaya M.V., Simkalova L.M. Comparative analysis of chemical contamination of food products and health indicators of the child population in the Russian Federation. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2020; (1): 13–8. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-322-1-13-18> (in Russian)
14. Fromme H., Körner W., Shahin N., Wanner A., Albrecht M., Boehmer S., Parlar H., Mayer R., Liebl B., Bolte G. Human exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDE), as evidenced by data from a duplicate diet study, indoor air, house dust, and biomonitoring in Germany. *Environment International*. 2009; 35(8): 1125–35.
15. Cruz R., Cunha S.C., Casal S. Brominated flame retardants and seafood safety: a review. *Environment international*. 2015; 77: 116–31.
16. Wu Y., Wang Y., Li J., Zhao Y., Guo F., Liu J., Cai Z. Perfluorinated compounds in seafood from coastal areas in China. *Environment International*. 2012; 42: 67–71.
17. EFSA. Bisphenol A: EFSA draft opinion proposes lowering the tolerable daily intake. *EFSA J*. 2021.
18. Kwon J., et al. Microplastics in Food: A Review on Analytical Methods and Challenges. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17: 6710.
19. Cho Y., Shim W.J., Jang M., Han G.M., Hong S.H. Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. *Environ. Pollut*. 2019; 245: 1107–16.
20. Koelmans A.A., Mohamed Nor N.H., Hermesen E., Kooi M., Mintenig S.M., De France J. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Res*. 2019; 155: 410–22.
21. Bai C., Liu L., Hu Y., Zeng E.Y., Guo Y. Microplastics: A review of analytical methods, occurrence and characteristics in food, and potential toxicities to biota. *Sci. Total Environ*. 2022; 806: 150263.
22. Usman S., Abdull Razis A.F., Shaari K. Microplastics Pollution as an Invisible Potential Threat to Food Safety and Security, Policy Challenges and the Way Forward. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17: 9591.
23. Alimba C.G., Faggio C. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. *Environ. Toxicol. Pharmacol*. 2019; 68: 61–74.
24. Ercili-Cura D., Håkämies A., Sinisalo L., et al. Food out of thin air. *Food Sci. Tech*. 2020; 2: 44–8. [https://doi.org/10.1002/fsat.3402\\_12.x](https://doi.org/10.1002/fsat.3402_12.x)
25. Eskola M., et al. Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2020; 60(16): 2773–89.
26. Kebede H., et al. Current status of major mycotoxins contamination in food and feed in Africa. *Food Control*. 2020; 110: 106975.
27. Chernova A.V., Petrochenkova A.V., Demidenko E.O. Study of the contamination of food products with toxigenic mycotoxins. *Nauchnye trudy Dalrybvvtuz*. 2023; 63(1): 28–35. (in Russian)
28. COT. Committee on Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment. Statement on the Potential Risk(s) of Combined Exposure to Mycotoxins. COT Statement. 2021. Available at: [https://cot.food.gov.uk/sites/default/files/2021-10/COT%20statement%20combined%20exposure%20to%20mycotoxins%20technical\\_final\\_0.pdf](https://cot.food.gov.uk/sites/default/files/2021-10/COT%20statement%20combined%20exposure%20to%20mycotoxins%20technical_final_0.pdf)
29. Berthiller F., et al. Formation, determination and significance of masked and other conjugated mycotoxins. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2009; 395: 1243–52.
30. Freire L., Sant'Ana A. S. Modified mycotoxins: An updated review on their formation, detection, occurrence, and toxic effects. *Food and Chemical Toxicology*. 2018; 111: 189–205.
31. Giannioti Z., et al. Determination of regulated and emerging mycotoxins in organic and conventional gluten-free flours by LC-MS/MS. *Toxins*. 2023; 15(2): 155.
32. Gruber-Dorninger C., Novak B., Nagl V., Berthiller F. Emerging Mycotoxins: Beyond Traditionally Determined Food Contaminants. *J Agric Food Chem*. 2017 Aug 23; 65(33): 7052–70. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03413>
33. Agriopoulou S., Stamatelopoulou E., Varzakas T. Advances in Analysis and Detection of Major Mycotoxins in Foods. *Foods*. 2020 Apr 20; 9(4): 518. <https://doi.org/10.3390/foods9040518>
34. Farabegoli F., Blanco L., Rodríguez L.P., Vieites J.M., Cabado A.G. Phycotoxins in Marine Shellfish: Origin, Occurrence and Effects on Humans. *Marine Drugs*. 2018; 16(6): 188. <https://doi.org/10.3390/md16060188>
35. Nielsen L.T., et al. Accumulation, transformation and breakdown of DSP toxins from the toxic dinoflagellate *Dinophysis acuta* in blue mussels, *Mytilus edulis*. *Toxicon*. 2016; 117: 84–93.
36. Munday R., Reeve J. Risk assessment of shellfish toxins. *Toxins*. 2013; 5(11): 2109–37.
37. Seah J.S., Singh S., Tan L.P., Choudhury D. Scaffolds for the manufacture of cultured meat. *Critical reviews in biotechnology*. 2022 Feb 17; 42(2): 311–23. <https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1931803>
38. Nicoletti R., Andolfi A., Becchimanzi A., Salvatore M.M. Anti-insect properties of Penicillium secondary metabolites. *Microorganisms*. 2023 May 16; 11(5): 1302. <https://www.mdpi.com/2076-2607/11/5/1302>
39. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & World Health Organization (WHO). New food sources and production systems: Need for Codex attention and guidance? 2021. FAO; WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/jp/?Ink=1&url=>
40. Poma G., Fujii Y., Lievens S., Bombecke J., Gao B., Jeong Y., McGrath T.J., Covaci A. Occurrence, patterns, and sources of hazardous organic chemicals in edible insects and insect-based food from the Japanese market. *Food and Chemical Toxicology*. 2021 Aug 1; 154: 112311. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112311>
41. Ghosh S., Rusyn I., Dmytruk O.V., Dmytruk K.V., Onyeaka H., Gryzenhout M., Gafforov Y. Filamentous fungi for sustainable remediation of pharmaceutical compounds, heavy metal and oil hydrocarbons. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2023 Feb 14; 11: 1106973. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1106973>
42. Leong Y.K., Chang J.S. Bioremediation of heavy metals using microalgae: recent advances and mechanisms. *Bioresource technology*. 2020 May 1; 303:122886. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122886>
43. State Report "Consumer Rights Protection in the Russian Federation in 2022"/ *Rospotrebnadzor [Gosudarstvenny] doklad «Zashhita prav potrebitelej v Rossijskoj Federacii v 2022 godu»/ Rospotrebnadzor*. URL: [https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT\\_ID=25077](https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=25077) (in Russian)

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Русаков Владимир Николаевич**, кандидат мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела гигиены питания ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Московская область, Россия. E-mail: [rusakov.vn@fncg.ru](mailto:rusakov.vn@fncg.ru)

**Сетко Андрей Геннадьевич**, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделом гигиены питания ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Московская область, Россия. E-mail: [Setko.AG@fncg.ru](mailto:Setko.AG@fncg.ru)

**Немова Ольга Александровна**, младший научный сотрудник отдела гигиены питания ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Московская область, Россия. E-mail: [nemova.aa@fncg.ru](mailto:nemova.aa@fncg.ru)

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Vladimir N. Rusakov**, Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher at the Food Hygiene Department, F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, Rospotrebnadzor, 141014, Mytishchi, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9514-9921> E-mail: [rusakov.vn@fncg.ru](mailto:rusakov.vn@fncg.ru)

**Andrey G. Setko**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Food Hygiene Department, F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, Rospotrebnadzor, 141014, Mytishchi, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6887-6776> E-mail: [Setko.AG@fncg.ru](mailto:Setko.AG@fncg.ru)

**Olga A. Nemova**, Junior Researcher at the Food Hygiene Department, F.F. Erisman Federal Scientific Center of Hygiene, Rospotrebnadzor, 141014, Mytishchi, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8663-8475> E-mail: [nemova.aa@fncg.ru](mailto:nemova.aa@fncg.ru)

