

Читать
онлайн
Read
online

Макаров Д.А.

Ранжирование химических загрязнителей по приоритетности для мониторинга пищевой продукции с использованием токсикологических критериев (обзор литературы)

ФГБУ «Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов»,
123022, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Риск-ориентированный подход к мониторингу химических загрязнителей пищевой продукции предполагает, что количество исследований того или иного загрязнителя пропорционально его опасности для здоровья и частоте выявления выше допустимого уровня. Вариант риск-ориентированного подхода — это специальные алгоритмы, ядром которых является ранжирование отдельных соединений (групп загрязнителей) по приоритетности для включения в мониторинг. Оно производится назначением баллов по указанным выше и иным критериям с последующим расчётом общих баллов и сравнением их между собой. Детали организации государственного мониторинга являются, как правило, закрытой информацией, поэтому в открытом доступе есть всего несколько таких алгоритмов.

В статье представлен сравнительный анализ алгоритмов Управления по безопасности пищевой продукции Ирландии (FSAI), Минсельхоза США (USDA) и FDA, компании Abbot Nutrition (США), Норвежского научного комитета по пищевой продукции и окружающей среде (VKM), Федерального агентства по безопасности пищевой цепи Бельгии (AFSCA), а также алгоритма, разработанного ФГБУ «ВГНКИ».

Алгоритмы охватывают остатки ветеринарных препаратов и контаминанты (как на уровне отдельных соединений, так и групп) в сырье, готовой продукции и пищевых ингредиентах. Часть алгоритмов предполагает назначение баллов по общему критерию «вред для здоровья», часть использует конкретные значения переносимой суточной дозы (ADI) и других пороговых величин, основанных на критериях вреда для здоровья (HBGV), в некоторые схемы дополнительно включены критерии, связанные с экспозицией населения загрязнителем через пищевую продукцию.

К основному достоинству алгоритмов относится четкое научное обоснование для планов мониторинга, к недостатку — субъективность оценки и, в некоторых случаях, сложность использования, требующая учёта большого количества данных. Степень практического внедрения зарубежных алгоритмов в настоящее время остаётся неизвестной, но данный подход, без сомнения, служит главной цели государственного мониторинга — обеспечению здоровья населения.

Ключевые слова: химические загрязнители; государственный мониторинг; токсикология; планирование мониторинга

Для цитирования: Макаров Д.А. Ранжирование химических загрязнителей по приоритетности для мониторинга пищевой продукции с использованием токсикологических критериев (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2026; 105(1): 86–92. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-1-86-92> <https://elibrary.ru/emsqgq>

Для корреспонденции: Макаров Дмитрий Алексеевич, e-mail: phorez@ya.ru

Вклад автора: Макаров Д.А. — поиск и анализ литературы, написание статьи, разработка алгоритма ФГБУ «ВГНКИ».

Конфликт интересов. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 26.11.2025 / Принята к печати: 02.12.2025 / Опубликовано: 10.02.2026

Dmitry A. Makarov

Ranking of undesired substances in food by priority for monitoring using toxicological criteria (literature review)

The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality, Moscow, 123022, Russian Federation

ABSTRACT

A risk-based approach to the monitoring of undesired substances in food products assumes the number of tests conducted for a given contaminant to be proportional to its potential health hazard and to the frequency of detections above the maximum level. One variant of the risk-oriented approach involves the use of dedicated algorithms whose core element is the ranking of individual compounds or groups of substances by their priority for inclusion in monitoring. This ranking is performed by assigning scores based on the criteria mentioned above, as well as additional criteria, followed by calculating and comparing overall scores. The details of national monitoring systems are generally not publicly disclosed, and therefore only a few such algorithms are described in open access.

The article presents a comparative analysis of the algorithms developed by the Food Safety Authority of Ireland (FSAI), the U.S. Department of Agriculture (USDA) and the Food and Drug Administration (FDA), Abbott Nutrition (USA), the Norwegian Scientific Committee for Food and Environment (VKM), the Federal Agency for the Safety of the Food Chain of Belgium (AFSCA), as well as the algorithm developed by the Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality.

The reviewed algorithms cover residues of veterinary medicinal products and contaminants (both individual substances and contaminant groups) in raw materials, finished products, and food ingredients. Some algorithms assign scores based on a general “health hazard” criterion, while others rely on specific values such as the acceptable daily intake (ADI) and other health-based guidance values (HBGVs). Certain schemes additionally incorporate criteria related to population exposure to contaminants through food.

The main advantage of these algorithms lies in providing a clear scientific rationale for monitoring plans, whereas their drawbacks include the subjectivity of scoring and, in some cases, methodological complexity requiring the consideration of large volumes of data. The degree to which such algorithms have been practically implemented remains unknown; however, this approach undoubtedly serves the primary goal of national monitoring — protecting public health.

Keywords: undesired substances in food; chemical contaminants; official monitoring; toxicology; monitoring planning

For citation: Makarov D.A. Ranking of undesired substances in food by priority for monitoring using toxicological criteria (literature review). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(1): 86–92. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-1-86-92> <https://elibrary.ru/emsqgq> (In Russ.)

For correspondence: Dmitry A. Makarov, e-mail: phorez@ya.ru

Contribution: Makarov D.A. — search and analysis of the literature, writing of the manuscript, composing of the Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality algorithm. The author is responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: November 26, 2025 / Accepted: December 2, 2025 / Published: February 10, 2026

Государственный мониторинг химических загрязнителей пищевой продукции

Государственный мониторинг безопасности пищевой продукции — это проводимые на постоянной основе исследования содержания в ней химических, биологических и физических загрязнителей [1] с целью обеспечения здоровья населения [2].

В пищевом сырье и переработанной продукции как отечественного, так и импортного происхождения определяют содержание остатков ветеринарных лекарственных средств, контаминантов (токсичных элементов, диоксинов и полихлорированных бифенилов, микотоксинов и др.), пестицидов и пищевых добавок [3].

Исследования проводятся на соответствие требованиям законодательства. Например, в ЕС — на соответствие Регламентам 37/2010 [4] и 2023/915 [5] с допустимыми уровнями остатков ветеринарных лекарственных средств и контаминантов, в нашей стране — техническим регламентам ЕАЭС, в первую очередь ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [6], а также отечественному законодательству, в частности СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [7].

Планирование мониторинговых исследований

Мониторинговые исследования планируют, как правило, ежегодно. Для этого на уровне отдельного региона (государства) составляется план мониторинга — таблица, в которой указано количество исследований того или иного химического загрязнителя в том или ином виде продукции.

На практике для планирования мониторинга применяется риск-ориентированный подход, предполагающий, что количество для исследований комбинации «загрязнитель — вид продукции» пропорционально опасности загрязнителя для здоровья и частоте его выявления в продукции выше допустимого уровня [8]. У некоторых стран применение риск-ориентированного подхода при планировании мониторинга закреплено законодательно (например, Евросоюз [9]), в других он применяется де-факто [8].

Риск-ориентированный подход к планированию может быть эмпирическим. При этом количество исследований для комбинаций «вид продукции — загрязнители» назначают исходя из собственного опыта и экспертизы ответственные за планирование специалисты. Часто они имеют компетенции преимущественно в сфере организации проведения исследований, а не в токсикологии.

Другим вариантом планирования мониторинга химических загрязнителей служит применение специальных алгоритмов. Принцип алгоритмов заключается в назначении химическим загрязнителям (отдельным соединениям или их группам) баллов по критериям их опасности для здоровья и частоте выявления. Затем по формуле рассчитываются общие баллы, путём сравнения которых производится ранжирование загрязнителей по приоритетности для проведения мониторинговых исследований. На основании ранжирования осуществляется разбивка исследований по видам продукции, регионам и др. с помощью того же алгоритма либо вручную [8].

Создание подобных алгоритмов, строго говоря, относится не к научной деятельности, а к закрытой для широкой публики сфере организации государством лабораторных исследований. Поэтому в открытом доступе описания алгоритмов размещают редко, нам удалось обнаружить лишь несколько соответствующих публикаций.

В статье представлены описание и сравнение алгоритмов в части критериев вреда для здоровья, разработанных в России, Ирландии, США, Норвегии и Евросоюзе.

Поиск литературы был проведён по базам данных Scopus, ScienceDirect, PubMed, Google Scholar и eLIBRARY, а также по официальным сайтам компетентных органов стран мира с наиболее развитой системой пищевой безопасности.

Алгоритмы ранжирования химических загрязнителей

В табл. 1 представлено сравнительное описание применения токсикологических критериев в алгоритмах ранжировании химических загрязнителей для планирования государственного мониторинга.

Представленные алгоритмы охватывают остатки ветеринарных препаратов и контаминанты на уровне отдельных соединений и групп в различных видах продукции — как в пищевом сырье, так и в готовой продукции и пищевых ингредиентах.

Часть алгоритмов предполагает назначение баллов по общему критерию «вред для здоровья»: USDA, AFSCA, ФГБУ «ВГНКИ», часть — конкретные значения переносимой суточной дозы (англ. ADI — Acceptable Daily Intake) и других пороговых величин, основанных на критериях вреда для здоровья (англ. HBGV — Health-based Guidance Values): FSAI (оба алгоритма), VKM, FDA. Критерии, связанные с экспозицией населения загрязнителем из пищевой продукции, присутствуют в алгоритмах VKM и FSAI для контаминантов, AFSCA, FDA и ФГБУ «ВГНКИ».

Компанией Abbot Nutrition (США) предложена оценка контаминантов по целому ряду токсикологических параметров, указанных в табл. 2.

Алгоритм компании Abbot Nutrition не предполагает назначения и расчёта баллов, следующим этапом после определения категории токсичности для каждого контаминанта и вида продукции идёт наложение сведений о частоте выявлений, завершающееся итоговым ранжированием с учётом обоих критериев.

Различия в области применения делают невозможным прямое сравнение адекватности алгоритмов по полученным приоритетным загрязнителям.

В части использования токсикологических критериев алгоритмы значительно различаются по сложности, проработанности и количеству используемых данных. К более простым можно отнести алгоритм FSAI для ветеринарных препаратов, USDA и AFSCA, к более сложным — FSAI для контаминантов, VKM и Abbot Nutrition.

Алгоритм VKM, на наш взгляд, является самым стройным и элегантным, давая чёткие научные обоснования для ранжирования без лишних сложностей и нагромождений.

Для примера в табл. 3 представлены баллы, набранные диоксинами и диоксиноподобными полихлорированными бифенилами (дПХБ) — одной из приоритетных групп загрязнителей для данного алгоритма.

Из всех представленных алгоритмов разработанный USDA — единственный, для которого были обнаружены планы мониторинга, сделанные с его использованием, по крайней мере на момент публикации (~ 15 лет назад). Нами был изучен его печатный вариант. Интересно, что вес показателей в алгоритме FDA для ветеринарных лекарственных средств в молоке назначает группа сторонних экспертов. Данный алгоритм является и наиболее тщательно проработанным (358 страниц!), однако сведения эти относятся в основном к путям попадания соединений в молоко, а не к токсикологическим критериям.

Всероссийским государственным Центром качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ФГБУ «ВГНКИ») был разработан с учётом зарубежных аналогов собственный алгоритм риск-ориентированного планирования мониторинга [18]. В оценку были включены 43 группы ветеринарных лекарственных средств и контаминантов (всего 356 соединений), определение которых проводят лаборатории Россельхознадзора в рамках государственного мониторинга качества и безопасности продуктов питания. Сведения об этапе алгоритма, связанном с ранжированием загрязнителей, приведены в табл. 1. Баллы по критерию «Вред для здоровья» (от 1 до 4 баллов) были выставлены на основе

Таблица 1 / Table 1
Использование токсикологических критериев в алгоритмах ранжирования химических загрязнителей пищевой продукции для целей планирования государственного мониторинга
Toxicological criteria in ranking of undesired substances in food for planning of the official monitoring

Разработчик алгоритма, ссылка Algorithm developer, reference	Загрязнитель Contaminants	Вид продукции Types of production	Как оценивается вред для здоровья How is health risk assessed?	Вклад токсикологических критериев в общий балл Contribution of toxicological criteria to the total score	Примеры приоритетных загрязнителей Examples of priority contaminants
Компания Abbot nutrition (США) [10] Abbot Nutrition company [10]	Контаминанты (группы соединений) Contaminants (groups of compounds)	Пищевые ингредиенты – сырьё и переработанная продукция, например, концентраты Food ingredients – raw materials and processed products, e.g., whey protein concentrates	Степень вреда для здоровья оценивается от низкой до чрезвычайно высокой (всего 4) по ряду токсикологических параметров (см. табл. 2) The degree of health risk is assessed from low to extremely high (4 levels in total) based on a number of toxicological parameters (see table 2)	Оценка по категории выявляемости – следующий этап после оценки вреда для здоровья Assessment based on the detectability category is the next step after the health risk assessment	Для зерна – микотоксины, на втором месте – тяжёлые металлы For grains – mycotoxins, with heavy metals in second place
FSAI (англ. Food Safety Authority of Ireland) Управление по пищевой безопасности Ирландии [11] Food Safety Authority of Ireland [11]	Зарегистрированные ветеринарные лекарственные средства (отдельные соединения) Authorized veterinary drugs (individual compounds)	Продукция животноводства по категориям животных: молочный и мясной КРС, свиньи, цыплята-бройлеры и др. Livestock products by animal category: dairy and beef cattle, pigs, broiler chickens, etc.	От 1 до 4 баллов по критерию «Переносимая суточная доза» (ADI) Scored from 1 to 4 based on the "Acceptable Daily Intake" (ADI) criterion	$OB = A \cdot (B + C + D) \cdot E$, где OB – общий балл; A – балл по критерию ADI; B – по критерию количества доз препарата в курсе лечения; C – индивидуального или группового использования; D – периода выведения; E – выявляемости. Total Score = $A \cdot (B + C + D) \cdot E$ where A is the score for ADI, B is for the number of drug doses in a treatment course, C is for individual or group use, D is for the withdrawal period, E is for detectability	Антибиотики амоксициллин и окситетрациклин – для всех видов животных, кроме свиней и цыплят; марбофлоксацин – для мясного КРС; антипаразитарные средства триклабендазол для молочного КРС и ивермектин для мясного КРС; кокцидиостатики моназин и наразин – для цыплят Antibiotics amoxicillin and oxytetracycline – for all animal types except pigs and chickens, respectively; marbofloxacin for beef cattle; antiparasitics triclofenazole for dairy cattle and ivermectin for beef cattle; coccidiostats monensin and narasin for chickens
FSAI (англ. Food Safety Authority of Ireland) Управление по пищевой безопасности Ирландии [12] Food Safety Authority of Ireland [12]	Контаминанты (отдельные соединения и их группы) Contaminants (individual compounds and their groups)	Сырьё и переработанная растительная животная продукция, в том числе композитная, например, пицца Raw and processed plant and animal products, including composite products, e.g., pizza	От 10 до 60 баллов по критериям: • токсические эффекты (подобные тем, что у Abbot Nutrition) – параметр A ; величина порогового значения, основанного на критериях вреда для здоровья (HBGV), – параметр B ; % воздействующей на население дозы от HBGV для отдельного продукта (параметр C) и всей пищевой продукции (параметр D) Assigned 10 to 60 points based on criteria: Toxic effects (similar to those in Abbot Nutrition) – parameter A ; Value of the health-based guidance value (HBGV) – B ; % of population exposure dose relative to HBGV (for individual product – C and for all food – D)	$OB = (A + B) \cdot (C + D) + \text{балл по критерию наличия допустимого уровня и законодательных оснований для мониторинга}$ Total Score = $(A + B) \cdot (C + D) + \text{Score based on the existence of a maximum level and legislative grounds for monitoring}$	Акриламид – в снеках и выпечке, кадмий в молоке, сливках и свежих овощах Acrylamide – in snacks and baked goods; cadmium in milk, cream, and fresh vegetables
USDA (англ. U.S. Department of Agriculture) Министерство сельского хозяйства США [13] U.S. Department of Agriculture [13]	Ветеринарные лекарственные средства (группы соединений) Veterinary drugs (groups of compounds)	Продукция животноводства по категориям Livestock products by animal category	От 1 до 4 баллов по критериям: • наличие острых токсических эффектов (параметр T); влияние на болезни человека (параметр D) Scored from 1 to 4 based on criteria: Presence of acute toxic effects (parameter T); Impact on human diseases (parameter D)	Общий балл: $P = V \cdot [(D + 3T) / 4]$, где параметр V – выявляемость Total Score: $P = V \cdot [(D + 3T) / 4]$, where parameter V is the detectability	Антибиотики и гормональные препараты Antibiotics and hormonal drugs

Окончание Таблицы 1 на стр. 89 / End of the Table 1 on page 89

Окончание Таблицы 1. Начало на стр. 88 / End of the Table 1. Beginning on page 88

Разработчик алгоритма, ссылка Algorithm developer, reference	Загрязнитель Contaminants	Вид продукции Types of production	Как оценивается вред для здоровья How is health risk assessed?	Вклад токсикологических критериев в общий балл Contribution of toxicological criteria to the total score	Примеры приоритетных загрязнителей Examples of priority contaminants
FDA (англ. Food and Drug Administration) Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США [14] Food and Drug Administration (FDA) [14]	54 ветеринарных лекарственных средства для молочного КРС (отдельные соединения) 54 Veterinary drugs for dairy cattle (individual compounds)	Молоко и молочная продукция Milk and dairy products	От 1 до 9 баллов в зависимости от величины переносимой суточной дозы (ADI) – параметр D, также от 1 до 9 баллов в зависимости от экспозиции населения ветеринарным лекарственным средством через молоко – параметр C Scored from 1 to 9 based on the Acceptable Daily Intake (ADI) value – parameter D, also from 1 to 9 based on population exposure to the veterinary drug via milk – parameter C	Вес критериев C и D в общем балле, наряду с параметрами A (вероятность применения коровам) и B (вероятность наличия в молоке), назначен группой сторонних экспертов следующим образом: A – 0.289; B – 0.262; C – 0.250; D – 0.199 The weight of criteria C and D in the total score, alongside parameters A (likelihood of use in cows) and B (likelihood of presence in milk), was assigned by a panel of external experts as follows: A – 0.2894 B – 0.262; C – 0.250; D – 0.199	Дорамектин, пенициллин, ампициллин, ампролиум Doramectin, penicillin, ampicillin, amprolium
VKM (норв. Vitenskapskomiteen for mat og miljø) Норвежский научный комитет по пищевой продукции и окружающей среде [15] Norwegian Scientific Committee for Food and Environment [15]	Контаминанты (отдельные соединения и их группы) Contaminants (individual compounds and their groups)	Различные виды животной и растительной продукции Various types of animal and plant products	От 0.5 до 6 баллов по критериям: • сравнение экспозиции с переносимыми дозами; • токсичность соединений; • наличие уязвимых групп населения; • полнота и адекватность токсикологических данных и данных по экспозиции. Набор критериев выбирается в зависимости от загрязнителя Scored from 0.5 to 6 based on criteria: Comparison of exposure with tolerable doses; Compound toxicity; Presence of vulnerable population groups; Completeness and adequacy of toxicological and exposure data. The set of criteria is selected depending on the contaminant	Общий балл равен сумме баллов по указанным критериям. Алгоритм не учитывает данные по выявляемости Total Score = sum of scores for the specified criteria. The algorithm does not account for detectability data	Из токсичных элементов – свинец и метилртуть, из стойких органических загрязнителей – диоксины и полифторированные соединения, из микотоксинов – T-2 и HT-2 Among toxic elements – lead and methylmercury; among persistent organic pollutants – dioxins and polyfluorinated compounds; among mycotoxins – T-2 and HT-2
AFSCA (фр.) Agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire Федеральное агентство по безопасности пищевой цепи Бельгии [16, 17] Federal Agency for the Safety of the Food Chain, Belgium [16, 17]	Ветеринарные препараты и контаминанты (группы соединений) Contaminants (groups of compounds)	Пищевая продукция Food	Эмпирические критерии: 1 – вред для здоровья; 2 – экспозиция населения (от 1 до 4 баллов) Empirical criteria: 1. "Health risk"; 2. "Population exposure" – scored from 1 to 4	Третий критерий – выявляемость. ОБ = Вред + (Экспозиция • Выявляемость) The third criterion is detectability. Total Score = Health Risk + (Exposure • Detectability)	Не указаны Not specified
ФГБУ «ВГНКИ» Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) [18] The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality (RSCAFDSQ) Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance (Rosselkhoznadzor) [18]	Ветеринарные препараты и контаминанты (группы соединений) Veterinary drugs and contaminants (groups of compounds)	Сырьё животного происхождения Raw materials of animal origin	Эмпирический критерий: 1 – вред для здоровья (от 1 до 4 баллов) Empirical criterion: 1. "Health risk" – scored from 1 to 4 points	Другие два критерия назначения баллов – частота выявленных и вклад загрязнённых видов продукции в продовольственную корзину. ОБ = 2 • Вред + (Выявления • Вклад) The other two scoring criteria are the frequency of detection and the contribution of contaminated product types to the food basket. Total Score = 2 • Health Risk + (Detection Frequency • Contribution)	Стильбены, нитрофураны, нитроимидазолы, токсичные элементы, диоксины Stilbenes, nitrofurans, nitroimidazoles, toxic elements, dioxins

Таблица 2 / Table 2

Критерии оценки токсичности контаминантов в алгоритме компании Abbot Nutrition [10]

Criteria for assessing the contaminant toxicity in Abbot Nutrition algorithm [10]

Критерий Criteria	Категория токсичности Toxicity category			
	чрезвычайно высокая severe	высокая high	средняя medium	низкая low
Доза, вызывающая острое отравление, мг/день Acute toxic dose, mg/day	< 0.1	0.1–10	10–100	> 100
Степень выраженности острых эффектов Severity of acute effects pronouncement	Высокая High	Умеренная Moderate	От низкой до умеренной From low to moderate	Низкая Low
Токсические эффекты поддаются лечению Toxicity effects medically treatable	Маловероятно Unlikely	Вероятно Possible	Да Yes	Да Yes
Потенциал к сенсibilизации Sensitizing potential	Выраженный Pronounced	Умеренный Moderate	Низкий Low	Низкий Low
Канцерогенность Carcinogenic	Показана для людей Known in humans	Показана на животных Known in animals	Маловероятно Unlikely	Отсутствует No
Репродуктивная токсичность Reproductive / Developmental toxicity	Показана для людей Known in humans	Показана на животных Known in animals	Маловероятно Unlikely	Отсутствует No
Мутагенность Mutagenicity	<i>in vitro</i> / <i>in vivo</i>	<i>in vitro</i> / <i>in vivo</i>	Маловероятно Unlikely	Отсутствует No
Хронические эффекты Chronic effects	С высокой вероятностью With high probability	Возможны Possible	Маловероятно Unlikely	Отсутствует No
Обратимость токсических эффектов Reversibility of toxic effects	Маловероятна Unlikely	Возможна Possible	Возможна Possible	Возможна Possible

Таблица 3 / Table 3

Пример применения алгоритма VKM для диоксинов и дПХБ [15]

Example of VKM algorithm application for dioxins and dl-PCBs [15]

	Баллы Scores	Критерий Criterion	Обоснование Rationale
Диоксины и дПХБ Dioxins and dl-PCBs	Общий балл — 8 (сумма баллов по критериям), из них: The total score is 8 (the sum of the criteria scores), including:	—	—
	6 баллов (из 2–6 возможных) 6 points (out of 2–6 possible)	Сравнение экспозиции с переносимыми дозами Quantitative toxicity and exposure data available	Расчётная экспозиция населения Европы из пищевой продукции превысила переносимую недельную дозу (TWI) в 2 пг ТЭ/кг массы тела A TWI of 2 pg TE/kg bw per week was established and the estimated exposure for the European population was above the TWI
	1 (1–3)	Наличие уязвимых групп населения The presence of population vulnerable groups	Молодые женщины и дети Young women and children
	0.5 (0.5–1)	Полнота и адекватность токсикологических данных Completeness and adequacy of toxicological data	Недостаточно данных по токсичности отдельных конгенов дПХБ, в частности ПХБ-126 Data on the relative potency of individual DLcompounds were needed, in particular for PCB-126
	0.5 (0.5–1)	Полнота и адекватность данных по экспозиции Completeness and adequacy of exposure data (occurrence and/or intake)	Недостаточно данных о содержании в отдельных видах продукции, в частности композитной (например, рыбный пирог), также масле, сыре и яйцах Occurrence data for composite food (e.g. fish cake) and land-based food (butter, cheese, eggs) were needed

Таблица 4 / Table 4

Фрагмент плана мониторинга ФГБУ «ВГНКИ», составленный с помощью алгоритма
Part of RSCAFDSQ monitoring plan made with the algorithm

Группа загрязнителей Group of undesired substances in Food	Баллы «Вред» “Harm” points	Баллы «Выявление» “Detection” points	Баллы «Вклад» “Contribution” points	Общий балл Total score	Ранг Rank	Количество видов продукции Number of food types	Коэффициент видов продукции Food types coefficient	Количество исследований Number of tests
Нитрофураны Nitrofurans	4	4	4	24	4	12	12	625
Плевромутилины Pleuromutilins	2	1	1	5	1	7	2	104
Кокцидиостатики Coccidiostatics	2	4	4	20	4	4	8	417
НПВС NSAIDs	1	1	1	3	1	4	2	73
Хиноксалины Quinoxalines	3	2	1	8	2	1	2	73
Диоксины Dioxins	4	4	2	16	3	8	6	313

анализа международных (Комиссия Кодекс Алиментариус, Евросоюз), зарубежных и отечественных оценок риска и научных публикаций о вреде для здоровья. Баллы по критерию «Вклад в продовольственную корзину» присваивались пропорционально вкладу в общероссийское потребление загрязнённых видов продукции (например, мясо — высокий вклад, мёд — средний, дичь — низкий). Частоту выявлений определяли за пятилетний период по данным мониторинга Россельхознадзора. Коэффициент видов продукции определялся в зависимости от количества потенциально загрязнённых видов продукции, в которых необходимо исследовать данную группу загрязнителей.

В табл. 4 представлен фрагмент плана мониторинга ФГБУ «ВГНКИ», составленный с помощью алгоритма с указанием количества исследований, полученного с помощью алгоритма.

Также отдельно необходимо упомянуть и схему ранжирования химических загрязнителей, разработанную Евросоюзом. Она также предполагает разделение загрязнителей на категории риска с учётом вреда для здоровья, но в виде не алгоритма, а в виде дерева принятия решений, в котором есть вопрос о том, вызывает ли вещество озабоченность в плане вредного воздействия на здоровье (ответ «Да / Нет») [19].

Собственный алгоритм, основанный на ином принципе, был разработан и Федеральной службой по защите прав потребителей и благополучия человека [20]. В данном алгоритме проводится ранжирование не загрязнителей, а видов продукции с учётом общих рисков (химических и биологических).

Заключение

Все рассмотренные алгоритмы оказались рабочими, то есть подходящими для целей ранжирования химических загрязнителей, имеют общий принцип, но значительные отличия в степени детализации и сложности, токсикологических критериях, принципах расчёта общих баллов и др.

По сравнению с эмпирическим подходом к риск-ориентированному планированию мониторинга использование алгоритмов имеет следующие преимущества:

- даёт чёткое и прозрачное обоснование планам мониторинга;
- позволяет максимально учитывать научные данные при планировании мониторинга;
- сокращает затрачиваемые на планирование время и усилия;
- минимизирует влияние человеческого фактора.

При этом для всех алгоритмов в значительной степени характерна субъективность оценки как вреда для здоровья, так и других параметров. Сложно представить какой-либо объективный критерий оценки самих алгоритмов на соответствие главной цели планируемого с их помощью мониторинга — обеспечению здоровья населения.

При попытке практического использования алгоритмов необходимо принимать во внимание и не учитываемые в них факторы: возможности лабораторий, анализирующих пробы, возможности территориальных управлений компетентных органов в части отбора проб, финансовую составляющую и пр.

Тщательная проработанность и стройность алгоритмов, как у VKM, FDA и FSAI, даёт более чёткое научное обоснование, но одновременно затрудняет практическое использование из-за необходимости учёта большого количества данных, которые могут обновляться.

Для дальнейшего развития подхода может быть перспективным использование искусственного интеллекта, способного как минимум осуществлять обработку данных и подсчёт баллов, дополнительно уменьшая влияние человеческого фактора в пользу научной объективности, а как максимум — участвовать и в разработке самих алгоритмов.

В практическом использовании алгоритмов необходимо учитывать, что планирование мониторинга является «внутренней кухней» компетентных органов, и сведения об этом ограничены. Нами не были обнаружены опубликованные сведения о степени практического внедрения рассмотренных схем.

Однако серьёзность подхода, объём и тщательность проведённой авторами работы и число самих авторов (до 15 в алгоритме FDA) не позволяют сомневаться в том, что алгоритмы разрабатывались строго с практическими целями и в той или иной форме используются компетентными органами при планировании мониторинга.

Единственный зарубежный алгоритм, для которого были обнаружены составленные с его помощью планы мониторинга, — алгоритм USDA 2011 г. В настоящее время на сайте ведомства указано использование эмпирического подхода к риск-ориентированному планированию мониторинга: приоритетные загрязнители выбираются на совещаниях экспертов в области ветеринарии, токсикологии, химии и общественного здравоохранения [21].

Именно совместная работа экспертов разного профиля важна при риск-ориентированном планировании мониторинга как с эмпирическим подходом, так и с использованием алгоритмов — полезного и перспективного инструмента совершенствования государственного мониторинга.

Литература

(п.п. 4, 5, 9–17, 19 см. References)

1. Постановление Правительства Российской Федерации № 883 «Об организации и проведении мониторинга качества, безопасности пищевых продуктов и здоровья населения»; 2024.
2. Федеральный закон № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов»; 2000.
3. Донченко Л.В., Надикта В.Д. *Безопасность пищевой продукции*. М.: Юрайт; 2025.
6. Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880 «О принятии технического регламента Таможенного союза “О безопасности пищевой продукции” (ТР ТС 021/2011 “Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции”); 2024.
7. СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; 2021.
8. Макаров Д.А., Балагула Т.В., Лаврухина О.И., Ширкин Л.А. Риск-ориентированный подход при проведении мониторинга безопасности пищевой продукции: алгоритмы ранжирования химических загрязнителей. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2022; 30(3): 393–406. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-393-406> <https://elibrary.ru/udpnhm>
18. Макаров Д.А., Прасолова О.В. Риск-ориентированное планирование мониторинга химических загрязнителей пищевой продукции при помощи специального алгоритма. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2020; (3): 175–8. <https://elibrary.ru/fkhlmpr>
20. Приказ Роспотребнадзора № 16 «О внедрении методических рекомендаций “Классификация пищевой продукции, обращаемой на рынке, по риску причинения вреда здоровью и имущественных потерь потребителей”»; 2016.
21. USDA. План мониторинга остатков: отчетный 2020 Голубая книга. Доступно: <https://www.fsis.usda.gov/node/1982>

References

1. Decree of the Government of the Russian Federation No. 883 "On the organization and conduct of monitoring of quality, food safety and public health"; 2024. (in Russian)
2. Federal Law No. 29-FZ "On the Quality and Safety of Food Products"; 2000. (in Russian)
3. Donchenko L.V., Nadykta V.D. *Food Product Safety [Bezopasnost' pishchevoi produktsii]*. Moscow: Yurait; 2025. (in Russian)
4. Commission Regulation (EU) No 37/2010 of 22 December 2009 on pharmacologically active substances and their classification regarding maximum residue limits in foodstuffs of animal origin. *Off. J. Eur. Union*. 2010; L15: 1–72.
5. Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in food and repealing Regulation (EC) No 1881/2006. *Off. J. Eur. Union*. 2023; L119: 103.
6. Decision of the Commission of the Customs Union No. 880 of 9 December 2011 "On adoption of the Technical Regulation of the Customs Union “On food safety” (TR TS 021/2011 “Technical regulation of the Customs Union. On food safety”); 2024. (in Russian)
7. SanPiN 1.2.3685–21. Hygienic standards and requirements for ensuring safety and/or harmlessness to humans of environmental factors; 2021. (in Russian)
8. Makarov D.A., Balagula T.V., Lavrukina O.I., Shirkin L.A. Risk-based approach in food safety monitoring: algorithms for chemical pollutants ranking. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeiatel'nosti*. 2022; 30(3): 393–406. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-393-406> <https://elibrary.ru/udpnhm> (in Russian)
9. Regulation (EU) 2017/625 of the European Parliament and of the Council of 15 March 2017 on official controls and other official activities performed to ensure the application of food and feed law, rules on animal health and welfare, plant health and plant protection products. *Off. J. Eur. Union*. 2017; L95: 1–142.
10. Hanlon P., Hlywka J.J., Scimeca J.A. A risk-based strategy for controlling chemical contaminants as relevant hazards in food ingredients. *Food Protection Trends*. 2015; 35(2): 89–100.
11. Danaher M., Shanahan C., Butler A.M., Evans R., O'Sullivan D., Glynn D., et al. Risk-based approach to developing a national residue sampling plan for testing under European Union regulation for veterinary medicinal products and coccidiostat feed additives in domestic animal production. *Food Addit. Contam. Part A. Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 2016; 33(7): 1155–65. <https://doi.org/10.1080/19440049.2016.1190236>
12. Hannon J., Le Jeune J., O'Reilly E., Cummins E., O'Keeffe M., Flynn A., et al. *Risk Ranking Model for Chemical Contaminants in Food*. Dublin: Food Safety Authority of Ireland; 2019.
13. United States National Residue Program – 2011 Scheduled Sampling Plans. Washington, DC: USDA FSIS; 2011: 18–45.
14. Food and Drug Administration, U.S. Department of Health and Human Services. *Multicriteria-based Ranking Model for Risk Management of Animal Drug Residues in Milk and Milk Products*. Washington, DC: U.S. Food and Drug Administration; 2015.
15. Mathisen G.H., Alexander J., Fæste C.K., Husøy T., Knutsen H.K., Ørnstrud R., et al. A ranking method of chemical substances in foods for prioritisation of monitoring, based on health risk and knowledge gaps. *Food Res. Int.* 2020; 137: 109499. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109499>
16. Federal Agency for the Safety of the Food Chain. *Risk-Based Controls & the MANCP: Approach of the Belgian Federal Agency for the Safety of the Food Chain*. Brussels: Federal Agency for the Safety of the Food Chain; 2011. Available at: https://favv-afsc.be/sites/default/files/mancp/20111122_Risk_based_controls_BE_EN.pdf
17. Maudoux J.P., Saegerman C., Rettigner C., Houins G., Van Huffel X., Berkvens D. Food safety surveillance through a risk based control programme: approach employed by the Belgian Federal Agency for the Safety of the Food Chain. *Vet. Q.* 2006; 28(4): 140–54. <https://doi.org/10.1080/01652176.2006.9695220>
18. Makarov D.A., Prasolova O.V. Special algorithm for planning of the risk based monitoring in food of animal origin. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*. 2020; (3): 175–8. <https://elibrary.ru/fkhlmpr> (in Russian)
19. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (poultry). *EFSA J.* 2012; 10(6): 2741. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2741>
20. Order of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being No. 16 "On implementation of guidelines “Classification of food products on the market by risk of harm to health and property losses of consumers”; 2016. (in Russian)
21. USDA. Residue Sampling Plan: Fiscal Year 2020 Blue Book. Available at: <https://www.fsis.usda.gov/node/1982>

Сведения об авторе

Макаров Дмитрий Алексеевич, ст. науч. сотр. отд. безопасности пищевой и кормовой продукции, ФГБУ ВГНКИ, 123022, Москва, Россия. E-mail: phorez@ya.ru

About the author

Dmitry A. Makarov, senior researcher of the Division of food and feed safety, The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality, Moscow, 123022, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3834-0695> E-mail: phorez@ya.ru