



DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-3-393-406

УДК 619:637:664:502

Научная статья / Research article

Риск-ориентированный подход при проведении мониторинга безопасности пищевой продукции: алгоритмы ранжирования химических загрязнителей

Д.А. Макаров¹, Т.В. Балагула²,
О.И. Лаврухина³✉, Л.А. Ширкин³

¹Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, Москва, Российская Федерация

²Управление государственного ветеринарного надзора Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, Москва, Российская Федерация

³Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, Владимир, Российская Федерация
✉hamsster@mail.ru

Аннотация. Риск-ориентированный подход к мониторингу безопасности продуктов питания предполагает, что количество исследований каждого из загрязнителей и (или) видов продукции зависит от риска, обуславливаемого наличием в ней загрязнителя, в первую очередь для здоровья потребителя, а также экономического (при предотвращении реализации небезопасной продукции). Риск-ориентированный отбор проб, планирование и назначение исследований можно противопоставить репрезентативному, направленному на получение достоверных сведений о загрязнении основных видов продукции и проводимому с учетом требований математической статистики. Ядром различных вариантов риск-ориентированного подхода является, как правило, ранжирование загрязнителей/групп загрязнителей и комбинаций «загрязнитель–вид продукции» по степени риска. Алгоритмы ранжирования можно разделить на качественные (вербальная характеристика) и количественные (в основе расчета лежит балльная система). Рассмотрены алгоритмы ранжирования химических загрязнителей пищевой продукции, предложенные авторитетными ведомствами стран, наиболее успешных в сфере обеспечения пищевой безопасности. Предлагаемые подходы имеют определенную (иногда достаточно узкую) область применения и предоставляют научно обоснованные данные для усиления контроля того или иного соединения, связывают воедино токсикологические характеристики, потребление, выявляемость и другие сведения о ксенобиотиках. Серьезным ограничением эффективности ранжирования может являться отсутствие данных об

© Макаров Д.А., Балагула Т.В., Лаврухина О.И., Ширкин Л.А., 2022



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

обнаружениях остатков лекарственных препаратов для ветеринарного применения в концентрациях ниже максимально допустимых уровней. Не менее важными критериями риска для здоровья являются дополнительные факторы, например способность ветеринарных лекарственных средств (антибактериальных препаратов) вызывать устойчивость патогенных микроорганизмов.

Ключевые слова: безопасность пищевой продукции, риск-ориентированный подход, мониторинг

Вклад авторов: Д.А. Макаров – концепция и дизайн исследования, сбор, анализ и интерпретация данных, редактирование; Т.В. Балагула – анализ и интерпретация данных; О.И. Лаврухина – анализ данных, редактирование; Л.А. Ширкин – анализ и интерпретация данных. Все авторы – написание текста, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

История статьи: поступила в редакцию 10.04.2022; принята к публикации 24.05.2022.

Для цитирования: 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. Т. 30. № 3. С. 393–406. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-393-406>

Risk-based approach in food safety monitoring: algorithms for chemical pollutants ranking

Dmitry A. Makarov¹, Tatiana V. Balagula²,
Olga I. Lavrukhina³✉, Leonid A. Shirkin³

¹*The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality, Moscow, Russian Federation*

²*Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance, Moscow, Russian Federation*

³*Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russian Federation*
✉hamsster@mail.ru

Abstract. A risk-based approach in food safety monitoring suggests that the number analysis of contaminants and (or) products depends on the risk caused by product contamination, first of all for consumer health and economic (prevention of unsafe products realization). Risk-oriented sampling, planning and assignment of studies can be opposed with representative, aimed at obtaining reliable information about the contamination of the main types of products and conducted taking into account the requirements of mathematical statistics. The core of the various risk-based approaches as a rule is the ranking of contaminants/groups of contaminants and combinations of «contaminant–product» according to the risk degree. Ranking algorithms may be subdivided into qualitative (verbal characteristics) and quantitative (scores estimation). Algorithms for food chemical contaminants ranking proposed by authority agencies of the most successful in food safety countries are reviewed in this paper. The proposed approaches have a certain (sometimes limited) scope of application and provide scientifically based data for enhance compound control, unite toxicological characteristics, consumption, identification, and other information about xenobiotics. A serious limitation of

the ranking effectiveness may be missing data of veterinary drugs (antibiotics) residues below maximum permissible level. There are additional but important criteria for health risk, the ability of drugs to cause pathogenic microorganisms' resistance for the example.

Keywords: food safety, risk-based approach, monitoring

Authors' contributions: *D.A. Makarov* – research concept and design, data collection, analysis and interpretation, editing; *T.V. Balagula* – data analysis and interpretation; *O.I. Lavrukhina* – data analysis and interpretation, editing; *L.A. Shirkin* – data analysis and interpretation. All authors – text writing, approval of the final version, responsibility for the integrity of all article parts.

Article history: received 10.04.2022; accepted 24.05.2022.

For citation: Makarov DA, Balagula TV, Lavrukhina OI, Shirkin LA. Risk-based approach in food safety monitoring: algorithms for chemical pollutants ranking. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2022;30(3):393–406. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-393-406>

Введение

Риск-ориентированный подход применяют при проведении лабораторного контроля пищевой продукции на содержание загрязнителей в нескольких направлениях. Во-первых, при составлении плана мониторинга на предстоящий период (как правило на год). Во-вторых, при назначении исследований и определении перечня показателей для конкретного образца, поступившего в лабораторию. И в-третьих, при отборе проб, то есть выборе конкретных образцов каждого вида продукции. В Российской Федерации (РФ) и ряде других стран данная процедура проводится ветеринарным инспектором [1].

На практике риск-ориентированный подход означает отбор проб по следующим критериям: минимального количества проб, необходимого для выявления частоты и уровней загрязнения с заданной точностью; зависимости количества проб определенного вида продукции от его вклада в продовольственную корзину; достаточно равномерного распределения проб между видами продукции с одинаковым вкладом в продовольственную корзину; случайного отбора проб в рамках одного вида продукции и случайного назначения исследований, если исследование на конкретный показатель будет назначено не в каждой пробе [2]. По результатам оценки принимаются меры по управлению риском: минимизация загрязнения, ужесточение максимально допустимого уровня (МДУ), диетические рекомендации населению [2].

Зарубежные организации – ЕС (European Commission – Европейская комиссия, страны Европейского союза), FDA (Food and Drug Administration – Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов, США) и BVL (Federal Office of Consumer Protection and Food Safety – Федеральная служба по защите прав потребителей и безопасности пищевых продуктов, Германия) – применяют риск-ориентированный подход только для мониторинга химических загрязнителей, но не микробиологических [1]. Для биологических загрязнителей намного сложнее установить

закономерности их выявления в продуктах питания, так как они имеют характер вспышек. Рационально комбинировать риск-ориентированный отбор проб и назначение исследований для химических показателей безопасности и репрезентативный – для микробиологических. Для эффективного применения на практике и гармоничного сочетания разных подходов мониторинг безопасности пищевой продукции требует определенной организации, схемы.

Ксенобиотики в продуктах питания могут вызывать как острое отравление, так и отдаленные последствия для здоровья: онкологические заболевания, нарушение функций эндокринной, иммунной систем [3]. Риск-ориентированный подход предусматривает зависимость количества исследований ксенобиотика или группы ксенобиотиков от уровня риска (для здоровья, экономики) при их наличии в продукции. Это позволяет эффективно предотвращать попадание небезопасной продукции на стол потребителя, рационально расходовать ресурсы, в том числе финансовые и человеческие, получать обоснованные данные для принятия управленческих мер по защите здоровья населения. Зачастую риск-ориентированный план мониторинга группа специалистов составляет эмпирически.

Альтернативный вариант – это применение специальных схем и алгоритмов. Для них отмечен ряд преимуществ [4]: план имеет научное обоснование; ввиду четко прописанной последовательности действий и формул он удобен и прост в составлении; уменьшается зависимость от человеческого фактора в принципе. Как правило, основа (ядро) таких алгоритмов – ранжирование ксенобиотиков/групп ксенобиотиков или пар «ксенобиотик – вид продукции» по критериям вреда для здоровья и частоте выявлений. Им присваивают баллы, коррелирующие с категорией риска. Это позволяет обоснованно отнести их к различным категориям риска (высокий, низкий, средний). В итоге, чем опаснее для здоровья ксенобиотик и чем чаще его выявляют, тем больше исследований запланировано. К минусам применения алгоритма можно отнести его недостаточную гибкость, в результате которой не исключены значительные корректировки «в ручном режиме».

Алгоритмы можно разделить на два вида: качественные и количественные. В количественных для ранжирования показателей используются баллы, которые подсчитываются при помощи арифметических формул. В качественных используются вербальное описание (характеристика) показателей¹ и оценка данных, например, с использованием дерева принятия решений [1]. Ниже представлен обзор подходов к ранжированию, разработанных в странах Европы, США, Великобритании, Ирландии, которые можно отнести к числу стран с наиболее успешным опытом обеспечения пищевой безопасности.

¹ Федеральный реестр ветеринарных препаратов, зарегистрированных для животных. URL: <https://galen.vetrif.ru/#/registry/pharm/registry?page=1> (дата обращения: 06.01.2022).

Объекты и методы исследования

Обзор существующих алгоритмов ранжирования контаминантов охватывает литературные сведения 2000–2020 гг. Поиск проведён в российских и иностранных базах данных eLIBRARY, Science Direct, а также на основании материалов конференций по оценке риска. Информация систематизирована в соответствии с разделами статьи.

Обзор зарубежных алгоритмов ранжирования ксенобиотиков с целью составления риск-ориентированного плана мониторинга

Ранжирование показателей производят ежегодно с целью выбора веществ для включения в программу мониторинга или корректировки количества исследований. Показатели, набравшие достаточное количество баллов, включают в план мониторинга. Ежегодный пересмотр необходим в связи с обновлением токсикологической информации, данными о выявлении загрязнителей, сведениях о запретах и ограничениях использования и другими значимыми для обеспечения пищевой безопасности условиями. Риск-ориентированные подходы в виде алгоритма используют в ряде стран с развитой системой пищевой безопасности, включая США и страны Евросоюза [5], Англию и Ирландию.

Англия использует подход к ранжированию лекарственных средств. Из-за ограниченного финансирования мониторинга (одной из его программ) не все группы лекарственных средств включают в него ежегодно: выбираются препараты, представляющие наибольший риск для здоровья населения². Используется 6 критериев ранжирования: А – природа, степень опасности вещества, В – мощность воздействия, выражаемая в допустимой суточной дозе, С – экспозиция 1 (чем выше доля пищевых продуктов от животных, подвергающихся воздействию препарата, тем выше балл), D – экспозиция 2 (доля целевых животных, которые могут подвергаться воздействию препарата в течение года), Е – наличие групп активных потребителей (особенности структуры потребления), F – выявление остатков вещества. Общий балл для вещества вычисляют по формуле

$$(A + B)(C + D + E)F = \text{Общий балл.} \quad (1)$$

Ранжирование лекарственных средств в подходе *США* происходит в два этапа³: первый этап – ранжирование лекарственных средств/групп лекарственных средств, второй – ранжирование пар «показатель (вещество или группа веществ) – вид продукции». На первом этапе используют три

² Residues of Veterinary Medicines in Food 2014 Surveillance Results. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/432356/2014_Residues_Results.pdf (accessed: 02.01.2022).

³ Residue Sampling Plan: Fiscal Year 2020 Blue Book / Number of Samples Required to Detect Violations with Predefined Probabilities. URL: <https://www.fsis.usda.gov/node/1982> (accessed: 02.01.2022).

критерия: выявление (реальное либо прогнозируемое), токсичность, влияние на человека. Критерий прогнозируемое выявление (V) используется только в случае, если отсутствуют сведения о реальном. Прогнозируемое выявление рассчитывают по формуле

$$V = 0,8 + 0,2(W \cdot N), \quad (2)$$

где W – это количество баллов от 1 до 4 для периода ожидания, N – количество баллов от 1 до 4 для количества животных, подвергшихся воздействию препарата.

Критерий острая или хроническая токсичность (T) характеризует потенциальную угрозу для жизни, а влияние на человеческие заболевания (D) учитывает риск для здоровья (включая потенциальное влияние на микрофлору кишечника и изменение антимикробной устойчивости патогенных микроорганизмов). Общее количество баллов для каждого препарата/группы препаратов:

$$P = V[(D + 3T)/4]. \quad (3)$$

В план отбора образцов включают только препараты, набравшие достаточное количество баллов. На втором этапе проводят ранжирование комбинаций «показатель – вид продукции» на основе вероятности выявления препарата (с учетом количества зарегистрированных), сведений о неправильном использовании и прошлых выявлениях. Затем для каждой пары «лекарственное средство (группа лекарственных средств) – вид продукции» рассчитывают значение приоритетного показателя (PS) по следующей формуле:

$$PS = CP \cdot RPC, \quad (4)$$

где CP – это количество баллов для данного показателя, RPC – процент потребления, определяемый как доля потребления данного вида продукции в стране от общего потребления продукции всех видов.

В 2012–2013 гг. Европейским агентством по безопасности продуктов питания (EFSA, Евросоюз) был выпущен ряд научных заключений о рисках для здравоохранения, которые необходимо учитывать при контроле мяса: свинины, говядины, мяса МРС, однокопытных, птицы [6]. Данные документы содержат и описание ранжирования показателей безопасности – как микробиологических, так и химических (лекарственных средств и контаминантов). Предложенный подход, рассмотренный на примере мяса домашней птицы, предполагает анализ данных мониторинга о выявлении образцов с превышением МДУ химических загрязнителей, определение вероятности загрязнения, рассмотрение токсикологического профиля каждого химического загрязнителя. Для лекарственных средств важны вероятность использования неправильным или незаконным способом; потенциальная доступность вещества (черный рынок); вероятность наличия остатков на основании данных фармакокинетики, периода ожидания, возможности связывания с тканями; токсикологический профиль, природа опасности, вклад остатков в общее

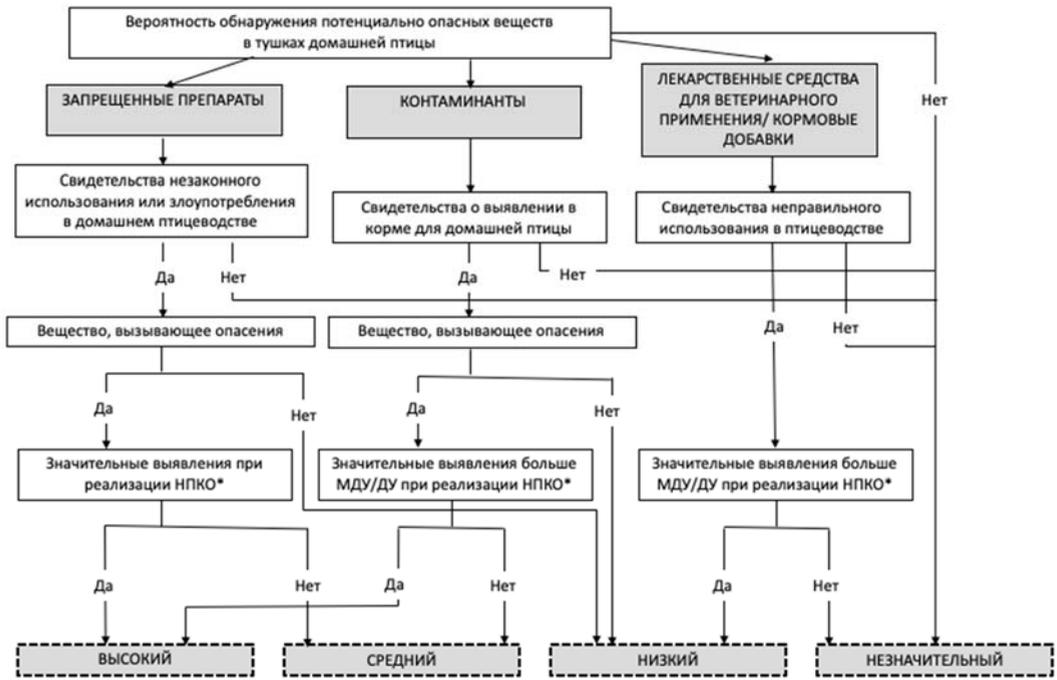
воздействие данного вещества на человека (из всех источников). Для контаминантов важны встречаемость в кормах на территории ЕС; уровень и продолжительность воздействия, данные о распределении и накоплении в тканях, включая употребляемые в пищу; токсикологический профиль, природа опасности, вклад остатков в общее воздействие данного вещества (из всех источников). Далее устанавливаются уровни опасностей, вызываемых данным веществом (незначительный, низкий, средний, высокий). Для этого используют специальную схему алгоритма (рис. 1).

Применив данный подход, авторы получили распределение химических загрязнителей для птицы по уровням опасностей. Высокий: диоксины, диоксиноподобные полихлорированные бифенилы (ПХБ), нитрофураны, нитроимидазолы, хлорамфеникол; средний: маркерные ПХБ, полибромированные дифениловые эфиры, гексабромциклододекан; низкий: лактоны резорциловой кислоты, стильбены, тиреостатики, бета-агонисты, стероиды, кокцидиостатики, хиноксалины, хлорорганические пестициды, фосфорорганические соединения, тяжелые металлы, микотоксины, никотин, лекарственные средства, встречающиеся в концентрациях выше МДУ; незначительный: хлороформ, колхицин, хлорпромазин, дапсон, красители, лекарственные средства, встречающиеся в концентрациях ниже МДУ.

В *Бельгии* Федеральное агентство по безопасности пищевой цепи (Federal Agency for the Safety of the Food Chain – FASFC) является компетентным органом по контролю пищевой безопасности, включая аспекты здравоохранения и благополучия животных и растений. Контроль подразумевает анализ продуктов и инспекцию хозяйствующих субъектов на всем протяжении пищевой цепи. Каждый год FASFC составляет риск-ориентированную программу контроля, состоящую из двух частей: отбора проб и проверок хозяйствующих субъектов.

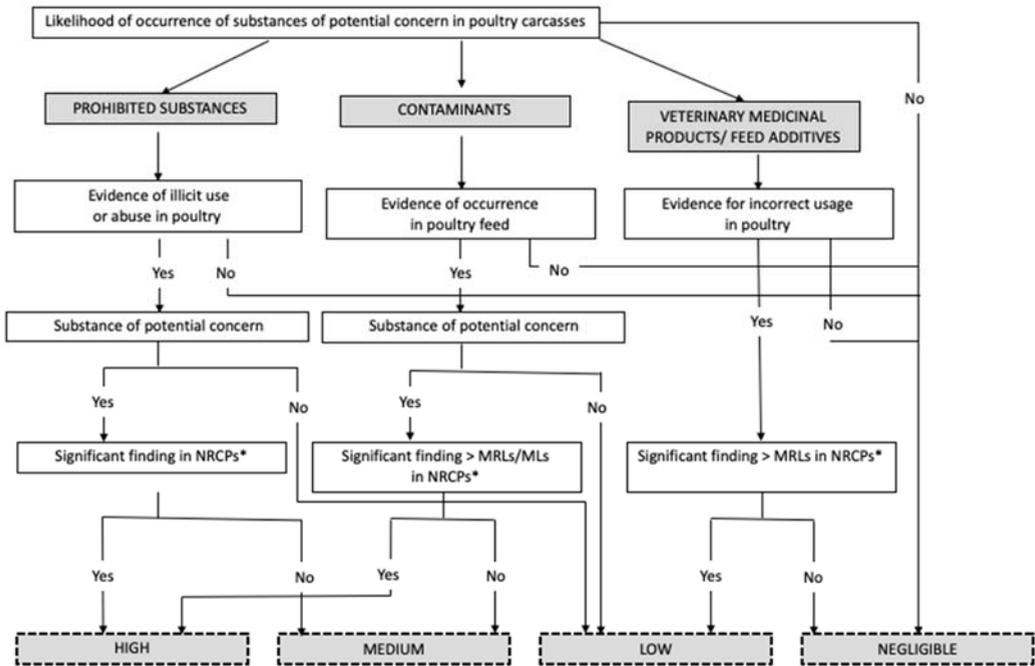
Риск-ориентированные подходы к отбору образцов пищевой продукции в Бельгии⁴ [7, 8] имеют ряд особенностей. В части назначения количества исследований подход совмещает качественные/количественные характеристики комбинации «показатель – вид продукции» (токсичность, выявляемость, потребление) и показатели математической статистики, в том числе уровень достоверности. Чем выше токсичность, тем выше необходимый уровень достоверности и, соответственно, требуется большее количество исследований. Указанный подход может быть применен как к химическим, так и к микробиологическим, а также эпизоотологическим показателям. Предполагается, что учитывать следует не только вред для здоровья, но и экономический ущерб.

⁴ Risk-based controls & the MANCP: approach of the Belgian Federal Agency for the Safety of the Food Chain. URL: http://www.afsca.be/apropos/mancp/mancpbelge/_documents/2011_11_22_Risk_based_controls_BE_v11.pdf (accessed:02.01.2022).



*НПКО – Национальные планы контроля остатков

Рис. 1. Древо решений для определения уровня опасности в риск-ориентированном подходе, предложенном в ЕС [6]



*NRCPs – National Residue Control Plans

Figure 1. A decision tree for determining the level of danger in the risk-approach proposed in the EU [6]

При назначении количества исследований может осуществляться четыре сценария: количество исследований предусматривается законодательно, определяется анализом риска, связано с репрезентативностью мониторинга или оно известно заранее. Для сценария, когда количество исследований определяется анализом риска, в первую очередь, определяют уровень достоверности. Принимаются во внимание три критерия, по каждому показателю назначается определенное количество баллов. Заранее установленный уровень распространения загрязнения (*PLC*) – это степень загрязнения продукции (распространения заболеваний животных), которую необходимо выявить с заданным уровнем достоверности. Отсутствие выявлений при заданном уровне означает, что *PLC* не превышен. Баллы рассчитывают с использованием формулы

$$\begin{aligned} & \text{Степень вреда} + (\text{Распространенность} \times \text{Вклад}) = \\ & \quad = \text{Количество баллов по критерию 1} + \\ & + (\text{Количество баллов по критерию 2} \times \text{Количество баллов по критерию 3}) = \\ & \quad = \text{Общий балл.} \end{aligned} \quad (5)$$

Количество назначаемых исследований для видов продукции затем определяют по формуле Кэннона и Роу:

$$n = (1 - (1 - \alpha)^{1-D})(N - (D - 1)/2), \quad (6)$$

где n – количество образцов, которое необходимо проанализировать, чтобы с уровнем доверия α выявить как минимум один контаминированный образец с превышением МДУ, α – уровень доверия, N – объем выборки, D – ожидаемое количество образцов с превышением МДУ.

Данный подход используется в случае необходимости получения статистически достоверных сведений о выявлении несоответствий законодательству по какому-либо показателю безопасности. В ряде случаев количество исследований может быть известно заранее. Например, когда необходимо проверить все партии какой-либо импортной продукции на наличие загрязнения. Ограничения использования метода прослеживаются в части расчета количества исследований по формуле Кэннона и Роу, недостаточно также сведений о его применении на практике.

В 2019 г. Управлением пищевой безопасности *Ирландии* (Food Safety Authority of Ireland – FSAI) был разработан подход к ранжированию контаминантов⁵. Оно проводится по трем критериям: данные об экспозиции (концентрация загрязнителей и потребление пищи в Ирландии); сведения об опасности, включая переносимые дозы; законодательные требования (наличие допустимого или рекомендуемого уровня) и т.д.

⁵ Hannon J., Jeune J., O'Reilly E., Cummins E., O'Keeffe M., Flynn A., Tlustos C. Risk Ranking Model for Chemical Contaminants in Food. 2019. URL: <https://zenodo.org/record/3479207#.YTPKS9Izbc> (accessed: 04.01.2022).

Баллы по первому критерию присваиваются пропорционально проценту от переносимой дозы.

Баллы по критерию токсичности определяются в первую очередь в зависимости от тяжести токсического воздействия. Максимальные баллы у загрязнителей, вызывающих анафилактический шок и генотоксичных канцерогенов, минимальные – у веществ с обратимыми токсическими эффектами (например, повышение кровяного давления) или для агентов, нарушающих баланс микрофлоры. Также баллы по данному критерию присваивают в зависимости от величины переносимой дозы, чем она ниже – тем выше балл. Итоговый балл по критерию токсичности – сумма баллов от тяжести и величины переносимой дозы.

По критерию законодательных требований баллы начисляются в зависимости от наличия допустимых/рекомендуемых уровней и рекомендаций по мониторингу; указаний о необходимости мониторинговых исследований на уровне ЕС; сведений о том, что контаминант опасен для здоровья, встречается в продукции, но пока законодательно не контролируется.

Итоговый балл по трем критериям вычисляют по формуле

$$\begin{aligned} & \text{Балл по экспозиции} \times \text{Балл по токсичности} + \\ & + \text{Балл по законодательным требованиям} = \text{Итоговый балл}. \end{aligned} \quad (7)$$

В 2020 г. группой специалистов из нескольких научных институтов *Норвегии* был предложен алгоритм ранжирования контаминантов также на основе балльной системы [9]. Баллы присваиваются по следующим критериям: наличие количественных данных о токсичности и экспозиции: *экспозиция значительно ниже/ниже, но близка по значению/выше переносимой дозы*; токсичность загрязнителя (группы загрязнителей): *высокая/средняя/низкая*; экспозиция населения загрязнителю через пищевые продукты: *высокая/средняя/низкая*; уязвимые группы населения (к действию загрязнителя): *экспозиция была высокой из-за наличия групп активных потребителей/лишь в некоторой степени была высокой из-за наличия активных потребителей/существуют немногочисленные более уязвимые группы потребителей*; адекватность данных по токсикологии и экспозиции: *данные недостаточны или отсутствуют/некоторые данные отсутствуют/данные полны*. К несомненным достоинствам данного подхода следует отнести то, что в работе авторы применили его на практике и провели ранжирование контаминантов, а также предложили для каждого из них приоритетные для контроля виды продукции. Наибольшее количество баллов среди группы токсичных элементов (их форм) набрали свинец и метилртуть. Среди микотоксинов – Т-2 и НТ-2 токсины, среди стойких органических загрязнителей – диоксины, полифторированные загрязнители, глицидиловые эфиры, акриламид.

Заключение

В РФ в проведении мониторинга безопасности пищевой продукции и продовольственного сырья задействованы Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) и Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор). Специалистами научно-исследовательских институтов Роспотребнадзора был предложен риск-ориентированный подход по классификации (ранжированию) продукции по степени вреда для здоровья («Классификация пищевой продукции, обращаемой на рынке, по риску причинения вреда здоровью и имущественных потерь потребителей для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий»: Приказ руководителя Роспотребнадзора № 16 от 18.01.2016). Данный алгоритм основан на ранжировании не групп ксенобиотиков или комбинаций «ксенобиотик–вид продукции», но видов продукции по количеству нарушений, связанных как с химическими, так и микробиологическими загрязнителями. Подход учитывает разницу во вреде для здоровья при выявлении разных загрязнителей за счет введения специального коэффициента.

Специалисты Россельхознадзора на практике применяют риск-ориентированный подход при проведении порядка 90% исследований химических загрязнителей пищевой и кормовой продукции. План мониторинга ветеринарной безопасности основан на принципах анализа и систематизации информации о химических рисках, а именно: результатов мониторинга за предыдущий период, сведений из международных и отечественных систем оповещения о рисках, научных публикаций и т.д. Кроме того, ФГБУ «ВГНКИ» предложен алгоритм составления риск-ориентированного плана мониторинга химических загрязнителей, где ранжирование групп ксенобиотиков осуществляется по критериям вреда для здоровья, частоты выявлений и вклада в продовольственную корзину [10]. Проанализировав предлагаемые наиболее успешными в обеспечении безопасности пищевой продукции странами подходы, были сделаны следующие выводы: подходы имеют определенную, иногда достаточно узкую, область применения и требуют дополнительной разработки; они предоставляют обоснованные научными данными и поддающиеся проверке и ревизии основания для усиления лабораторного контроля того или иного соединения; подходы связывают воедино токсикологические характеристики, потребление, выявляемость и другие сведения. Сложность определения вероятности загрязнения ксенобиотиками продукции животноводства может быть обусловлена не только многофакторностью процесса, но и недостатком данных. Так, авторы Ирландского подхода пишут, что отсутствие данных об обнаружении остатков ветеринарных препаратов в концентрациях ниже МДУ является серьезным ограничением эффективности ранжирования. Следует обратить внимание на отдельные, редко встречающиеся, но тем не менее важные критерии риска для здоровья, например способность лекарственных средств вызывать устойчивость патогенных микроорганизмов, принимаемую в расчет в подходе США.

Применение при планировании мониторинга безопасности продуктов питания риск-ориентированного подхода в настоящее время имеет широкое распространение по всему миру. На основании анализа существующих эффективных и научно обоснованных подходов ранжирования контаминантов определены наиболее значимые аспекты для включения в систему риск-ориентированного подхода исследований химических загрязнителей в рамках проводимого Россельхознадзором на территории РФ мониторинга ветеринарной безопасности. Необходимы использование количественных данных, поддающихся обработке методами математической статистики, учёт при определении вероятности загрязнения не только сведений о выявлениях и вреде для здоровья, но и других данных о ксенобиотиках, в том числе несоответствия в оценке их безопасности в разных странах и возможность загрязнения кормов для животных. Следует акцентировать внимание на включении результатов оценки отдельных важных критериев, например развитии резистентности патогенных микроорганизмов при использовании некоторых антибиотиков и устойчивости к пестицидам целевых организмов, что приводит к более интенсивному их использованию. Подход должен связать в единую систему все значимые для обеспечения безопасности сырья и продукции животноводства критерии, при этом быть автоматизированным, что позволит повысить эффективность мониторинга.

Список литературы

- [1] Chemical Contaminants and Residues in Food / Schrenk D., Cartus A. (Eds.) Chemical Contaminants and Residues in Food (Second Edition) // Woodhead Publishing, 2017.
- [2] Risk Assessment Methods for Biological and Chemical Hazards in Food (1st ed.) / Pérez-Rodríguez F. CRC Press, 2020. 545 p. <https://doi.org/10.1201/9780429083525>
- [3] Безопасность пищевой продукции. Ч. 1 / Л.В. Донченко, В.Д. Надыкта. М.: Юрайт, 2019. 264 с.
- [4] Garcia M., Verbruggen P., Fearne A. Risk-Based Approaches to Food Safety Regulation: What Role for Co-Regulation? 2013. Vol. 16. No. 9. P. 1101–1121. <https://doi.org/10.1080/13669877.2012.743157>
- [5] Institute of Medicine and National Research Council. Enhancing Food Safety: The Role of the Food and Drug Administration. Washington, DC: The National Academies Press, 2010. 588 p. <https://doi.org/10.17226/12892>
- [6] Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (poultry) // EFSA Journal. 2012. Vol. 10. No 6. P. 2741. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2741>
- [7] Maudoux J., Saegerman C., Rettigner C., Houins G., 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. 2007. Vol. 28. P. 140–154. <https://doi.org/10.1080/01652176.2006.9695220>
- [8] Saegerman C., Boelaert F., Vlanderren I.V., Lomba M., Berkvens D., Ermens A., Biront P., Broeckaert F., Bernard A., Cock A.D., Demont S., Poorter G.D., Torfs B., Robijns J., Monfort V., Vermeersch J.P., Lengelé L. Monitoring des animaux vivants: exemple d'un échantillonnage pour la détection des PCBs et dioxines chez les bovins de boucherie en Belgique // Epidémiol. et santé anim. 2000. Vol. 38. P. 39–49.

- [9] Mathisen G.H., Alexander J., Fæste C.K., Husøy T., Knutsen K.H., Ørnsrud R., Steffensen I.L. A ranking method of chemical substances in foods for prioritisation of monitoring, based on health risk and knowledge gaps // *Food Res. Int.* 2020. Vol. 137. P. 109499. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109499>
- [10] 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. С. 175–178.

References

- [1] Chemical Contaminants and Residues in Food. Schrenk D., Cartus A. (eds.) *Chemical Contaminants and Residues in Food (Second Edition)*. Woodhead Publishing; 2017.
- [2] Pérez-Rodríguez F. *Risk Assessment Methods for Biological and Chemical Hazards in Food* (1st ed.). CRC Press; 2020. <https://doi.org/10.1201/9780429083525>
- [3] Donchenko L.V., Nadykta V.D. *Food safety. Part 1: textbook for academic baccalaureate*. Moscow: Yurayt; 2019. (In Russ.)
- [4] Garcia M, Verbruggen P, Fearn A. Risk-Based Approaches to Food Safety Regulation: What Role for Co-Regulation? *Journal of Risk Research*. 2013;16(9):1101–1121. <https://doi.org/10.1080/13669877.2012.743157>
- [5] Institute of Medicine and National Research Council. *Enhancing Food Safety: The Role of the Food and Drug Administration*. Washington, DC: The National Academies Press, 2010. 588 p. <https://doi.org/10.17226/12892>
- [6] Scientific Opinion on the public health hazards to be covered by inspection of meat (poultry). *EFSA Journal*. 2012;10(6):2741. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2741>
- [7] Maudoux J, Saegerman C, Rettigner C, Houins G, 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. *The Veterinary quarterly*. 2007;28:140–154. <https://doi.org/10.1080/01652176.2006.9695220>
- [8] Saegerman C, Boelaert F, Vlanderen IV, Lomba M, Berkvens D, Ermens A, Biront P, Broeckart F, Bernard A, Cock AD, Demont S, Poorter GD, Torfs B, Robijns J, Monfort V, Vermeersch JP, Lengelé L. Monitoring des animaux vivants: exemple d'un échantillonnage pour la détection des PCBs et dioxines chez les bovins de boucherie en Belgique. *Epidémiol. et santé anim.* 2000;38:39–49.
- [9] Mathisen GH, Alexander J, Fæste CK, Husøy T, Knutsen KH, Ørnsrud R, Steffensen IL. A ranking method of chemical substances in foods for prioritisation of monitoring, based on health risk and knowledge gaps. *Food Research International*. 2020;137:109499. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109499>
- [10] Makarov DA, Prasolova OV. Special algorithm for planning of the risk based monitoring in food of animal origin. *Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine*. 2020;(3):175–178. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Макаров Дмитрий Алексеевич, старший научный сотрудник, отделение фармакологических лекарственных средств, безопасности пищевой продукции и кормов, Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, Российская Федерация, 123022, Москва, Звенигородское шоссе, д. 5. ORCID: 0000-0003-3834-0695, SPIN: 7545-8829. E-mail: phorez@yandex.ru

Балагула Татьяна Викторовна, кандидат ветеринарных наук, начальник Управления государственного ветеринарного надзора, Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору, Российская Федерация, 107996, Москва, Орликов переулок, д. 1/11. ORCID: 0000-0003-0583-4277. E-mail: loi1122@bk.ru

Лаврухина Ольга Игоревна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии, Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Российская Федерация, 600026, Владимир, ул. Горького, д. 87. ORCID: 0000-0001-6248-5726, SPIN: 6238-3898. E-mail: hamsster@mail.ru

Ширкин Леонид Алексеевич, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры экологии, Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Российская Федерация, 600026, Владимир, ул. Горького, д. 87. ORCID: 0000-0003-1622-9574, SPIN: 4161-6560

Bio notes:

Dmitry A. Makarov, The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality», 5 Zvenigorodskoye Shosse, Moscow, 123022, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-3834-0695, SPIN: 7545-8829. E-mail: phorez@yandex.ru

Tatiana V. Balagula, Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance, 1/11 Orlikov per., Moscow, 107996, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-0583-4277. E-mail: loi1122@bk.ru

Olga I. Lavrukhina, Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov», 87 Gor'kogo St, Vladimir, 600026, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-6248-5726, SPIN: 6238-3898. E-mail: hamsster@mail.ru

Leonid A. Shirkin, Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov», 87 Gor'kogo St, Vladimir, 600026, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-1622-9574, SPIN: 4161-6560