
AUXILIARY DISCIPLINES

DOI: <https://doi.org/10.23649/jae.2022.6.26.04>

Makarov D.A.^{1*}, T.V. Balagula², A.V. Tretyakov³

^{1,3} Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality, Moscow, Russia;

² Rosselkhoz nadzor Department of Internal Veterinary Supervision, Moscow, Russia

* Corresponding author (phorez[at]yandex.ru)

Received: 25.08.2022; Accepted: 26.08.2022; Published: 19.10.2022

TARGETED RESEARCH AS A TOOL OF IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF STATE MONITORING OF CHEMICAL POLLUTANTS IN FOOD PRODUCTS

Research article

Abstract

State monitoring of food products safety is laboratory research carried out on an everyday basis to monitor compliance with the content of chemical pollutants in it with legally established permissible levels. Priority is given to the most significant types of pollutants of food products and food raw materials, namely toxic elements, veterinary drugs, pesticides. To study and solve certain problems of food safety, related, in particular, to the local unfavorable environmental situation in the regions, as well as that of the use of less common types of products, targeted research is needed. The article formulates suggestions on the criteria and procedure for conducting such research, using the example of projects of the Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality (FSBI "VGNKI") to study the content of dioxins and heavy metals in venison and eggs. An increase in the effectiveness of state monitoring through targeted research was demonstrated.

Keywords: food products, chemical pollutants, dioxins, heavy metals.

Макаров Д.А.^{1*}, Балагула Т.В.², Третьяков А.В.³

^{1,3} Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, Москва, Россия;

² Управление внутреннего ветеринарного надзора Россельхознадзора, Москва, Россия

* Корреспондирующий автор (phorez[at]yandex.ru)

Получена: 25.08.2022; Доработана: 26.08.2022; Опубликовано: 19.10.2022

ЦЕЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Научная статья

Аннотация

Государственный мониторинг безопасности пищевой продукции – это осуществляемые на постоянной основе лабораторные исследования для контроля соответствия содержания в ней химических загрязнителей законодательно установленным допустимым уровням. Приоритетными являются наиболее значимые виды загрязнителей продуктов питания и продовольственного сырья, а именно токсичные элементы, лекарственные препараты ветеринарного применения, пестициды. Для изучения и решения отдельных проблем пищевой безопасности, связанных, в частности, с локальной неблагоприятной экологической обстановкой в регионах, а также употреблением менее распространённых видов продукции, необходимы целевые исследования. В статье сформулированы предложения по критериям и порядку проведения подобных исследований, на примере проектов Всероссийского государственного центра качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ФГБУ «ВГНКИ») по изучению содержания диоксинов и тяжёлых металлов в оленине и яйцах. Продемонстрировано повышение эффективности государственного мониторинга путём проведения целевых исследований.

Ключевые слова: продукты питания, химические загрязнители, диоксины, тяжёлые металлы.

1. Введение

Мониторинг химических загрязнителей пищевой продукции – это проводимые на постоянной основе лабораторные исследования их содержания на соответствие законодательно установленным допустимым уровням (ДУ). Продукция с превышением ДУ в реализацию не идёт.

Основными задачами пищевого мониторинга являются обеспечение здоровья населения и повышение экспортного потенциала отечественной продукции.

Россельхознадзор проводит мониторинг ветеринарной безопасности, включающий исследование животноводческой продукции и продовольственного сырья в рамках выполнения Соглашения по применению санитарных и фитосанитарных мер (СФС), согласованных при вступлении России во Всемирную торговую организацию.

В проводимом Россельхознадзором мониторинге продукции животноводства принимают участие 14 ветеринарных лабораторий, 13 референтных центров, 2 научно-исследовательских института: Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ФГБУ «ВГНКИ») и ФГБУ Федеральный центр охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ»). Ежегодно на содержание химических загрязнителей исследуют более 60000 проб. Для проведения анализа продовольственного сырья и продуктов питания используются как скрининговые методики (чаще всего на основе иммуноферментного анализа), так и подтверждающие (на основе масс-спектрометрии).

Образцы отбирают как от сырья: мяса, субпродуктов, мёда, молока, яиц, рыбы, так и от готовой к употреблению мясной и молочной продукции.

Анализируемые загрязнители (порядка 500 соединений из более чем 50 групп) включают в себя как остаточные содержания лекарственных препаратов ветеринарного применения (антибиотики, стимуляторы роста гормональной природы, антипротозойные, противогрибковые, противопаразитарные и нестероидные противовоспалительные средства, седативные препараты и т.д.), так и природных, техногенных и производственных загрязнителей (тяжёлые металлы, пестициды, микотоксины, диоксины, полихлорированные бифенилы (ПХБ), полиароматические углеводороды) и пищевых добавок.

Допустимые уровни химических загрязнителей установлены техническими регламентами Евразийского экономического союза (ЕАЭС): ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции».

Результаты всех исследований заносятся в электронные модули Государственной информационной системы в области ветеринарии (ФГИС ВетИС) – «Веста» и «Ассоль». Данные системы позволяют проводить быструю и удобную систематизацию и анализ данных по выявляемым загрязнителям.

При отборе проб и назначении исследований используется риск-ориентированный подход: чем чаще загрязнитель выявляют в продукции, тем больше исследований на него проводят.

Общая доля проб с превышением ДУ не превышает нескольких процентов. В большинстве случаев выявляют антибиотики тетрациклинового ряда и фторхинолоны, кокцидиостатики (в продукции птицеводства), тяжёлые металлы (в рыбе) и др. При этом, в мониторинг включены и загрязнители, выявления которых выше ДУ носят единичный характер, например ДДТ и другие хлорорганические пестициды.

Мониторинг позволяет получить общую картину загрязнения, выявить приоритетные группы загрязнителей для разных видов пищевой продукции, получить данные, необходимые для проведения оценки риска. Ключевым компонентом в оценке риска является расчёт дозы загрязнителя, воздействующей на население из всей потребляемой им пищи.

В целом, с учётом риск-ориентированного подхода, анализу подвергаются наиболее очевидные и изученные сочетания загрязнитель-вид продукции.

Что касается мяса, приоритетными для населения на территории всей страны являются говядина, свинина, птица. Баранину, конину, крольчатину и оленину отбирают значительно реже.

Такой подход полностью оправдан с учётом защиты здоровья населения в целом. Однако при этом, могут остаться незатронутыми отдельные проблемы, не имеющие существенного вклада в общую картину обеспечения пищевой безопасности. Например, повышенные уровни загрязнения продукции, произведённой в местах с экологически неблагоприятной обстановкой, или избирательное накопление какого-либо загрязнителя в менее употребляемом, экзотическом виде продукции.

Такого рода проблемы могут быть не обнаружены в ходе рутинного мониторинга. Для их выявления потребуются тщательный анализ литературы и экспертные оценки, а с целью более глубокого изучения причин, последствий и масштаба – проведения специальных «целевых» исследований.

2. Основная часть

Смысл целевых исследований заключается в детальном изучении частных проблем пищевой безопасности: отдельных видов продукции, групп загрязнителей, мест или условий производства и т. д. Как и в случае с рутинным мониторингом, результаты могут являться основой для проведения оценки риска, и, в случае необходимости, принятия управленческих мер по минимизации загрязнения.

Целевые исследования целесообразно проводить для изучения:

- Проблем пищевой безопасности, связанных с характерными для одного или нескольких видов продукции группами загрязнителей. Например, Федеральный институт оценки риска провёл исследование содержания пирролизидиновых алкалоидов в образцах мёда из разных стран [1]. Китайские океанологи и представители контролирующих органов провели масштабное исследование загрязнения разных видов рыбы метилированной ртутью [2].

- Проблем пищевой безопасности, связанных со специфическими условиями производства продукции. Например, в 2016 году специалистами Нидерландских организаций, работающих в сфере пищевой безопасности, была опубликована результатов исследования диоксинов в яйцах от кур, выращенных выгульным способом, по сравнению с клеточным [3].

- Проблем, связанных с локальным техногенным загрязнением окружающей среды одной или несколькими группами загрязнителей. Например, китайские учёные изучили загрязнение рыбы в реках на юге страны, вследствие утечки со свалок электронного мусора полибромированных дифениловых эфиров [4].

Проблема локального загрязнения окружающей среды и продуктов питания активно исследовалась и в нашей стране [5].

Объекты целевых исследований выбирают по определенным критериям. Во-первых, приоритетная важность конкретной проблемы пищевой безопасности в связи с высоким риском для здоровья населения, либо риском экономических потерь и т. п. Во-вторых, исследования новых загрязнителей, которые, по литературным данным и опыту других стран, представляют риск для здоровья и могут загрязнять продукты питания, но для которых пока не установлены допустимые уровни. В-третьих, загрязнители и/или виды продукции, актуальные для отдельных групп населения в случае, если данных рутинного мониторинга недостаточно для принятия мер по минимизации риска. В-четвёртых, поручение о проведении исследований от заинтересованных в решении конкретных задач государственных организаций. В-пятых, широкое внимание общественности к какой-либо проблеме пищевой безопасности. И в-шестых, участие в научных или социально значимых международных проектах или проектах с другими отечественными организациями.

В настоящее время в структуре мониторинга Россельхознадзора целевые исследования отдельно не выделены, не разработаны критерии и порядок их проведения. Такие исследования несистематически и в минимальном количестве проводят некоторые подконтрольные Россельхознадзору научные институты и лаборатории.

В качестве примера рассмотрим два проекта целевых исследований ФГБУ «ВГНКИ», направленных на изучение содержания кадмия, ртути и диоксинов в оленине и диоксинов в яйцах.

Программа исследований кадмия, ртути, диоксинов и диоксиноподобных полихлорированных бифенилов (дПХБ) в печени и почках северного оленя была реализована в 2015–2020 гг.

Тяжёлые металлы (кадмий и ртуть) и хлорорганические соединения (диоксины и дПХБ) относятся к стойким загрязнителям окружающей среды. Они обладают высокой стабильностью, активно распространяются по пищевым цепям и высоко токсичны. В частности, для диоксинов показано канцерогенное воздействие, нарушение работы иммунной и репродуктивной систем, для ртути – токсичность для нервной системы плода, для кадмия – для почек.

В ходе рутинного мониторинга анализу на содержание кадмия и ртути подвергают в первую очередь рыбу и субпродукты КРС и свиней, а диоксинов – жирное мясо и молочную продукцию, а также яйца.

Проблема избирательного, по сравнению с другими продуктивными животными, накопления указанных загрязнителей в субпродуктах северных оленей была выявлена в ходе литературного анализа, в частности, заключении EFSA о диоксинах в печени овец и оленей [6] и отчёта 2002 года о проекте международной «Программы мониторинга и оценки состояния Арктики» и других научных публикаций [7].

Причина, по всей видимости, в том, что северные экосистемы склонны к накоплению стойких загрязнителей, поскольку обладают необходимыми для этого характеристиками, включая особенности климата и трофических цепей. Загрязнители попадают в организм оленей вместе с кормами (основной из которых – ягель) и частицами почвы, обладающими высокой сорбционной способностью.

При том, что оленеводство – важная отрасль сельского хозяйства страны (поголовье северного оленя достигает 1,5 млн животных), употребление оленины носит скорее локальный характер и наиболее распространено среди коренных народов севера.

Были исследованы образцы печени и почек оленя из 41 точки отбора проб восьми оленеводческих регионов России (Мурманская область, Ненецкий АО, Республика Коми, Ямало-Ненецкий АО, Красноярский край, Якутия, Чукотка и Камчатка). Содержание диоксинов и дПХБ было определено в порядка 400 образцах печени, а кадмия и ртути – в 500 образцах печени и 300 – почек. Также было исследовано мясо [8]. В более 90% образцов субпродуктов содержание загрязнителей превышало допустимое.

Диоксиновое загрязнение печени показало четкое географическое распределение: достигало максимума на Кольском полуострове и снижалось по мере продвижения на восток (см. рис. 1), тогда как для тяжёлых металлов подобной зависимости обнаружено не было.

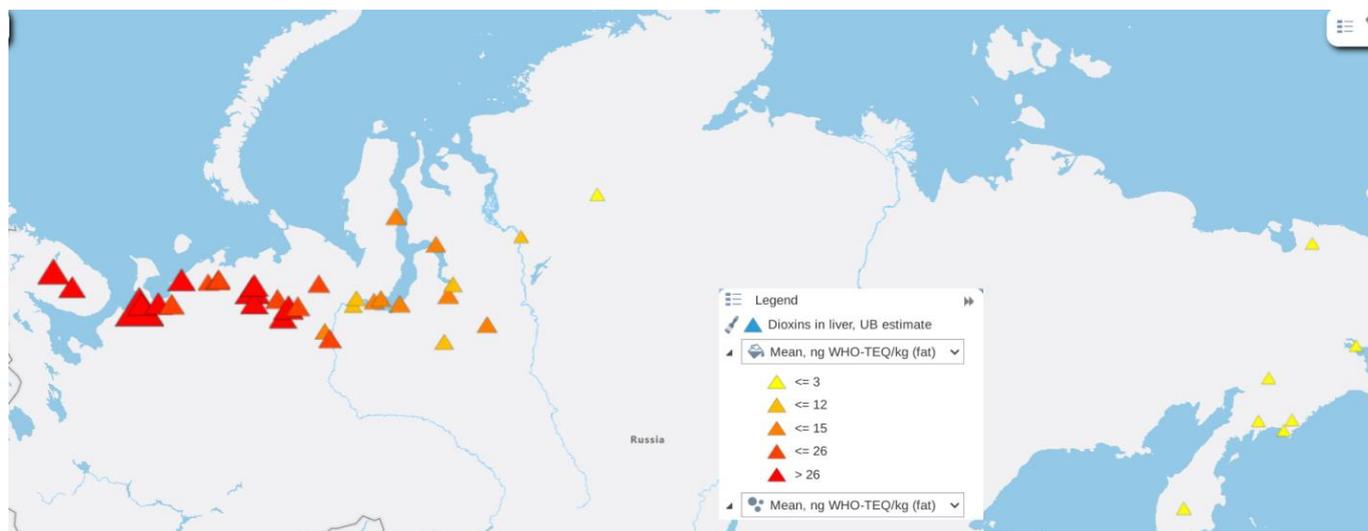


Рис. 1 – Географическое распределение содержания диоксинов в образцах печени северного оленя на территории России [8]

Примечание: мониторинг проводился в 2015–2020 гг.

По сравнению с данными 15-летней давности, количество диоксинов в печени оленей существенно снизилось, а кадмия и ртути в печени и почках – многократно возросло.

Важно, что более 70% от суммарного содержания диоксинов и дПХБ в образцах печени приходилось на последние. Таким образом, была показана необходимость и актуальность государственного контроля дПХБ, для которых законодательством ЕАЭС допустимые уровни пока не установлены.

Оценка риска показала, что наибольшую опасность для здоровья представляет кадмий. Употребление оленьих субпродуктов в 6 из 8 исследованных регионов может приводить к поступлению в организм кадмия в дозах, превышающих переносимую более чем в 3 раза. В то же время употребление оленьего мяса не несет риска для здоровья [9].

Разработка мер по минимизации загрязнения требует дальнейших исследований. С целью информирования населения о вреде для здоровья, связанном с длительным и частым употреблением в пищу субпродуктов северного оленя, была составлена памятка, размещённая на сайтах контролирующих органов и городских администраций некоторых северных регионов.

Также в 2015–2016 гг. ФГБУ «ВГНКИ» были проведены исследования локального загрязнения диоксидами яиц от птиц, выращенных в окрестностях центров химической промышленности: Чапаевска (Саратовская область) и Дзержинска (Нижегородская область) [10]. Загрязнение образовалось как результат работы заводов по производству пестицидов и других химических реагентов. Накопившись в почве за годы работы заводов, диоксины продолжают попадать в организм кур, выращиваемых выгульным способом через частицы почвы и почвенную фауну.

В рамках рутинного мониторинга исследуют яйца от кур, выращенных на птицефабриках клеточным способом, питающихся привозными кормами, содержание диоксинов в которых минимально.

Анализ более 20 образцов из окрестностей каждого из городов позволил установить, что зона загрязнения вокруг Чапаевска имеет размеры приблизительно 24×12 км, а Дзержинска – 13×6 км. Допустимые уровни были превышены в более 60% образцов из Чапаевска и более 30% – из Дзержинска.

Проблема также была выявлена по результатам работы с литературой [5], [11]. Авторами показано, что употребление населением Чапаевска местной рыбы приводит к увеличению частоты онкологических заболеваний и другим нарушениям. Сравнение с данными 10-летней давности продемонстрировало, что загрязнение уменьшилось вследствие полной остановки работы заводов по производству пестицидов в начале 2000-х гг.

3. Заключение

Целевые исследования обеспечивают следующие аспекты повышения эффективности государственного мониторинга:

- Выявление небезопасной продукции и недопущение её реализации;
- Выявление ранее недостаточно изученных проблем здравоохранения, связанных с употреблением населением загрязнённой продукции;
- Расширение сферы охвата рутинного мониторинга путём включения в него новых объектов, что даёт возможность более полного контроля безопасности;
- Получение ценных научных данных о распространении и накоплении загрязнителей;
- Предотвращение возможных проблем с экспортом продукции.

Так, реализованные в Российской Федерации целевые исследования позволили обнаружить и изучить ряд важных вопросов. Проведённый ФГБУ «ВГНКИ» анализ оленьих субпродуктов вскрыл проблему, ранее не находящуюся в сфере внимания контролирующих органов. В реализацию не допущено более 1000 партий потенциально небезопасной продукции, субпродукты оленя включены в рутинный мониторинг диоксинов и токсичных элементов. Было проведено детальное картирование загрязнения, определены регионы, продукция из которых представляет наибольший риск. Предложены меры по снижению риска (среди них – информирование населения).

С целью более активного внедрения целевых исследований в государственный мониторинг необходимо выделить их в отдельную категорию, утвердить критерии и разработать порядок проведения.

Наиболее масштабными и эффективными могут стать координированные целевые исследования с участием научных институтов Россельхознадзора и региональных лабораторий. Координированные программы возможно реализовать следующим образом: научный институт осуществляет планирование исследований, обеспечивает правильность постановки методов лабораторного анализа и отбора проб, проводит обработку и систематизацию данных, написание итоговых отчётов и публикаций. Региональные лаборатории осуществляют отбор и лабораторный анализ образцов, первичную обработку данных и направление их в научный институт. Обладая сведениями о локальной экологической обстановке «на месте», региональные лаборатории также могут самостоятельно подготовить предложения для проведения новых координированных программ.

Таким образом, целевые исследования могут рассматриваться как инструмент повышения эффективности проводимых Россельхознадзором исследований содержания химических загрязнителей пищевой продукции в рамках мониторинга ветеринарной безопасности, но полная реализации их потенциала потребует изменений в организации системы мониторинга.

Financing

The studies were carried out within the framework of the state monitoring of the safety of food and feed products conducted by the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Supervision (Rosselkhozndzor).

Конфликт интересов

Исследования были проведены в рамках государственного мониторинга безопасности пищевой и кормовой продукции, проводимого Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор).

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

References

1. Analytik und Toxizität von Pyrrolizidinalkaloiden sowie eine Einschätzung des gesundheitlichen Risikos durch deren Vorkommen in Honig Stellungnahme – Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) – 2011. – № 038 des BfR vom 11 – URL: <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/analytik-und-toxizitaet-von-pyrrolizidinalkaloiden.pdf> (accessed: 11.10.2022)
2. Zhu A. Methylmercury in fish from the South China Sea: geographical distribution and biomagnification / A. Zhu, W. Zhang, Z. Xu // *Marine Pollution Bulletin*. – 2013. – № 15;77(1-2). – pp. 437–444 – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24095204/> (accessed: 11.10.2022)
3. Hoogenboom R.L.A.P. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and biphenyls (PCBs) in home-produced eggs / R.L.A.P. Hoogenboom, G. Ten Dam, M. van Bruggen // *Chemosphere*. – 2016. – № 150. – pp. 311–319 – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26921584/> (accessed: 11.10.2022)
4. Luo Q. Polybrominated diphenyl ethers in fish and sediment from river polluted by electronic waste/ Q. Luo, Z.W. Cai, M.H. Wong // *Science of the Total Environment*. – 2007. – №383(1-3). – pp.115–127 – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17560632/> (accessed: 11.10.2022)
5. Ревич Б.А. Горячие точки химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России / Б.А. Ревич – Москва: Акрополь, Общественная палата РФ. – 2007. – 192 с. – URL: <https://ecfor.ru/publication/goryachie-tochki-himicheskogo-zagryazneniya/> (дата обращения: 11.10.2022)
6. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. Scientific opinion on the risk to public health related to the presence of high levels of dioxins and dioxin-like PCBs in liver from sheep and deer / EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain // *The EFSA Journal*. – 2011. – № 9(7). – p. 2297 – URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2297> (accessed: 11.10.2022)
7. AMAP. Persistent toxic substances, food security and indigenous peoples of the Russian North / Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) Final report, Oslo. – 2004 – URL: <https://www.amap.no/documents/doc/persistent-toxic-substances-food-security-and-indigenous-peoples-of-the-russian-north.-final-report/795> (accessed: 11.10.2022)
8. Makarov D.A. Geographical distribution of dioxins, cadmium, and mercury concentrations in reindeer liver, kidneys, and muscle in the Russian Far North / D.A. Makarov, V.V. Ovcharenko, E.A. Nebera // *Environmental Science and Pollution Research International*. – 2021. – № 29(8). – pp. 12176–12187 – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34564810/> (accessed: 11.10.2022)
9. Макаров Д.А. Загрязнение диоксинами и токсичными элементами субпродуктов северных оленей в регионах крайнего севера России / Д.А. Макаров, А.А. Комаров, В.В. Овчаренко // *Сельскохозяйственная биология*. – 2018. – Т. 53. – № 2. – с. 364–373 – URL: <http://www.agrobiology.ru/2-2018makarov.html> (дата обращения: 11.10.2022)
10. Komarov A. Temporal changes of dioxins and dioxin-like PCBs levels in free-range eggs collected from former organochlorine production sites in Russia / A. Komarov, V. Ovcharenko, D. Makarov // *36 International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants – Florence, Italy – 2016 – Poster №S4.3005*.
11. Shelepchikov A. Contamination of chicken eggs from different Russian regions by PCBs and chlorinated pesticides / A. Shelepchikov, B. Revich, D. Feshin // *Organohalogen Compounds*. – 2006. – №68. – pp. 1959–1962 – URL: https://www.researchgate.net/publication/254860683_Contamination_of_chicken_eggs_from_different-Russian_regions_by_PCBs_and_chlorinated_pesticides (accessed: 11.10.2022)

References in English

1. Analytik und Toxizität von Pyrrolizidinalkaloiden sowie eine Einschätzung des gesundheitlichen Risikos durch deren Vorkommen in Honig Stellungnahme [Analysis and toxicity of pyrrolizidine alkaloids as well as an assessment of the health risk due to their occurrence in honey] – Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) [Federal Institute for Risk Assessment (BfR)] – 2011. – № 038 of BfR from 11 – URL: <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/analytik-und-toxizitaet-von-pyrrolizidinalkaloiden.pdf> (accessed: 11.10.2022) [in German]
2. Zhu A. Methylmercury in fish from the South China Sea: geographical distribution and biomagnification / A. Zhu, W. Zhang, Z. Xu // *Marine Pollution Bulletin*. – 2013. – № 15;77(1-2). – pp. 437–444 – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24095204/> (accessed: 11.10.2022)
3. Hoogenboom R.L.A.P. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and biphenyls (PCBs) in home-produced eggs / R.L.A.P. Hoogenboom, G. Ten Dam, M. van Bruggen // *Chemosphere*. – 2016. – № 150. – pp. 311–319 – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26921584/> (accessed: 11.10.2022)
4. Luo Q. Polybrominated diphenyl ethers in fish and sediment from river polluted by electronic waste/ Q. Luo, Z.W. Cai, M.H. Wong // *Science of the Total Environment*. – 2007. – №383(1-3). – pp.115–127 – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17560632/> (accessed: 11.10.2022)
5. Revich B.A. Goryachie tochki himicheskogo zagryazneniya okruzhayushchej sredy i zdorov'e naseleniya Rossii [Hot spots of chemical pollution of the environment and the health of the Russian population] / B.A. Revich – Moskva: Akropol', Obshchestvennaya palata RF. – 2007. – 192 p. – URL: <https://ecfor.ru/publication/goryachie-tochki-himicheskogo-zagryazneniya/> (accessed: 11.10.2022) [in Russian]
6. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. Scientific opinion on the risk to public health related to the presence of high levels of dioxins and dioxin-like PCBs in liver from sheep and deer / EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain // *The EFSA Journal*. – 2011. – № 9(7). – p. 2297 – URL: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2297> (accessed: 11.10.2022)
7. AMAP. Persistent toxic substances, food security and indigenous peoples of the Russian North / Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) Final report, Oslo. – 2004 – URL: <https://www.amap.no/documents/doc/persistent-toxic-substances-food-security-and-indigenous-peoples-of-the-russian-north.-final-report/795> (accessed: 11.10.2022)
8. Makarov D.A. Geographical distribution of dioxins, cadmium, and mercury concentrations in reindeer liver, kidneys, and muscle in the Russian Far North / D.A. Makarov, V.V. Ovcharenko, E.A. Nebera // *Environmental Science and Pollution Research International*. – 2021. – № 29(8). – pp. 12176–12187 – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34564810/> (accessed: 11.10.2022)
9. Makarov D.A. Zagryaznenie dioksinami i toksichnymi elementami subproduktov severnyh oleney v regionah krajnego severa Rossii [Contamination of reindeer by-products with dioxins and toxic elements in the regions of the Far North of Russia] / D.A. Makarov, A.A. Komarov, V.V. Ovcharenko // *Sel'skokozyajstvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. – 2018. – V. 53. – № 2. – pp. 364–373 – URL: <http://www.agrobiology.ru/2-2018makarov.html> (accessed: 11.10.2022) [in Russian]
10. Komarov A. Temporal changes of dioxins and dioxin-like PCBs levels in free-range eggs collected from former organochlorine production sites in Russia / A. Komarov, V. Ovcharenko, D. Makarov // 36 International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants – Florence, Italy – 2016 – Poster №S4.3005.
11. Shelepchikov A. Contamination of chicken eggs from different Russian regions by PCBs and chlorinated pesticides / A. Shelepchikov, B. Revich, D. Feshin // *Organohalogen Compounds*. – 2006. – №68. – pp. 1959–1962 – URL: https://www.researchgate.net/publication/254860683_Contamination_of_chicken_eggs_from_different_Russian_regions_by_PCBs_and_chlorinated_pesticides (accessed: 11.10.2022)