

УДК 612.39:001.891(470.57)

**РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО ОЦЕНКЕ
БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В РАЦИОНЕ ЖИТЕЛЕЙ
ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТОГО РЕГИОНА**

*Бакиров А.Б., Даукаев Р.А., Ларионова Т.К., Фазлыева А.С., Курилов М.В.,
Аллаярова Г.Р., Афонькина С.Р., Зеленковская Е.Е.*

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

В рамках отраслевой научно-исследовательской программы «Гигиеническое научное обоснование минимизации рисков здоровью населения России» на 2016-2020 годы выполнена комплексная гигиеническая оценка содержания макро- и микроэлементов и консервантов в пищевых продуктах, используемых в рационе жителей Республики Башкортостан. Учет выявленных региональных особенностей характера загрязнения находящихся в обороте пищевых продуктов позволяет повысить направленность и корректность мониторинга и обеспечивает более полное соответствие методологии риск-ориентированного наблюдения за безопасностью продукции.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2021-10401>

**THE RESULTS OF RESEARCH WORK ON THE ASSESSMENT OF FOOD SAFETY IN THE
DIET OF RESIDENTS OF AN INDUSTRIALLY DEVELOPED REGION**

*Bakirov A.B., Daukaev R.A., Larionova T.K., Fazlieva A.S., Kurilov M.V., Allayarova
G.R., Afonkina S.R., Zelenkovskaya E.E.*

Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

Comprehensive hygienic assessment of the content of macro- and microelements and preservatives in food products used in the diet of Bashkortostan Republic residents was carried out within the framework of the sectoral research program "Hygienic scientific foundation for minimizing health risks for the population of Russia" between 2016 and 2020. Taking into account the identified regional peculiarities of the nature of contamination of food products in circulation makes it possible to increase the focus and correctness of monitoring and ensures more complete compliance with the methodology of risk-based monitoring of product safety.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2021-10401>

Центральным звеном системы обеспечения безопасности пищевых продуктов является организация контроля и мониторинга за их загрязнением чужеродными химическими веществами. Определение исходного уровня загрязнения пищевых продуктов токсикантами и изучение вариантности этих уровней во времени позволяет распознать нарастающий характер загрязнения и оценить степень опасности для здоровья. Важным вопросом является избирательность параметров мониторинга безопасности пищевых продуктов с учетом региональных особенностей загрязнения среды обитания и новых технологий производства пищевых продуктов.

Например, наибольший риск для населения промышленно развитых регионов, в первую очередь с предприятиями горнорудной, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической промышленности, электроэнергетики, машиностроения и металлообработки, представляют химические вещества, в частности тяжелые металлы. Данная группа элементов характеризуется высокой распространенностью в объектах внешней среды загрязненных территорий, высокой повреждающей способностью при длительном внешнесредовом поступлении в организм в концентрациях, не превышающих существующие гигиенические нормативы, может вызывать поражение почек и печени, нарушение развития плода, нарушение функции эндокринной системы и обладает иммунотоксичностью.

Активное развитие пищевой промышленности привело к широкому использованию различных добавок в производстве пищевых продуктов, в том числе разного рода консервантов и их смесей, которые, с одной стороны, улучшают технологические, функциональные, вкусовые свойства готового продукта, с другой - при длительном и безмерном их поступлении в организм человека увеличивают риски возникновения различных заболеваний.

Выполненные ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» в 2016-2020 гг. исследования по двум темам отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора были посвящены обоснованию перечня приоритетных тяжелых металлов в пищевых продуктах, произведенных на территории Республики Башкортостан, и оценке риска поступления распространенных пищевых добавок в организм жителей региона. Научные работы в данном направлении полностью соответствуют государственной политике в области здорового питания (Указ Президента РФ от 30.01.2010 г. № 120, Распоряжение Правительства РФ от 25.10.2010 г. № 1873-р, Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 г. № 1364-р).

Комплексные гигиенические исследования по определению элементного состава пищевых продуктов проведены в районах республики, отличающихся характером и степенью промышленного освоения. В качестве объектов исследований были выбраны: северная часть региона с низким уровнем индустриализации (Аскинский, Балтачевский, Бураевский, Мишкинский районы), западная часть региона с месторождениями нефти и газа (Бакалинский, Туймазинский, Ермекеевский, Бижбулякский, Альшеевский, Давлекановский районы), центральная часть региона с индустриально-аграрным сектором (Уфимский, Чишминский, Стерлитамакский районы), юго-восточная часть региона с рудными полезными ископаемыми и предприятиями черной и цветной металлургии (Белорецкий, Учалинский, Баймакский районы).

Загрязнение территории Республики Башкортостан химическими элементами является одним из проблемных вопросов обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, поскольку в регионе представлен практически весь спектр естественных и техногенных источников тяжелых металлов. Статистические данные свидетельствуют о негативном влиянии вредных факторов среды обитания на здоровье населения республики и преобладании в структуре заболеваемости болезней органов дыхания, пищеварения, системы кровообращения.

Анализ данных о содержании токсичных элементов (свинца, кадмия, мышьяка, ртути) в 12 видах пищевых продуктах не выявил превышений допустимых уровней. Наиболее высокие средние концентрации свинца и кадмия установлены в растениеводческой продукции: овощах (свинец - 0,1 ПДУ, кадмий - 0,7 ПДУ) и картофеле (свинец - 0,07 ПДУ, кадмий - 0,5 ПДУ). Самые высокие концентрации ртути (0,12 ПДУ) и мышьяка (0,20 ПДУ) установлены для рыбы.

С целью гигиенической оценки загрязненности продовольственного сырья и пищевых продуктов токсичными элементами, сопоставления уровней контаминации различных групп продуктов, ранжирования территорий исследования по степени антропогенной нагрузки, нами предложен интегральный показатель – коэффициент антропогенной нагрузки, определяемый отношением фактического содержания контаминанта в продукте к его гигиеническому нормативу, и последующий расчет суммарного коэффициента антропогенной нагрузки по каждому району:

$$\sum \text{Ка.н.} = \text{Ка.н.}(1) + \text{Ка.н.}(2) + \dots + \text{Ка.н.}(n) = \sum C_i / \text{ПДУ}_i, \quad (1)$$

где

$\sum \text{Ка.н.}$ - суммарный коэффициент антропогенной нагрузки по конкретной территории с учетом разных групп продуктов;

$\text{Ка.н.}(1\dots n)$ - коэффициент антропогенной нагрузки по группам продуктов;

C_i - фактическое содержание i -го загрязнителя в данном пищевом продукте;

ПДУ_i - предельно допустимый уровень i -го загрязнителя в данном пищевом продукте.

Сравнительная оценка полученных в 2017-2020 гг. данных по рассчитанным нами коэффициентам антропогенной нагрузки показала, что в целом контаминация исследованных групп пищевых продуктов свинцом, кадмием, мышьяком, ртутью характеризуется как достаточно стабильная, за исключением хлебобулочных изделий и круп, где установлен двукратный рост содержания токсичных элементов. Выявлено, что наиболее загрязненными являются овощи и картофель, затем следует мясо, молоко, хлеб, фрукты и масла.

Мониторинговые исследования других химических элементов, нормируемых в отдельных группах пищевых продуктов или не контролируемых в настоящее время, показали, что содержание металлов в различных пищевых продуктах находится в широком диапазоне. Установлено, что продукция, подвергнутая обработке, содержит больше алюминия, например, при диапазоне концентрации металла в мясной продукции 0,2-0,8 мг/кг, в некоторых видах фарша его уровень составляет 4,2-7,3 мг/кг. Абсолютная максимальная величина концентрации алюминия обнаружена нами в хлебобулочной продукции. Предположительно, это обусловлено внесением каких-либо алюминийсодержащих добавок или применением технологического оборудования с алюминиевыми деталями.

Максимальный средний уровень условно-эссенциального элемента никеля обнаружен в овощах и картофеле ($0,25 \pm 0,02$ мг/кг), концентрация хрома выше всего во фруктах ($0,31 \pm 0,20$ мг/кг) и кондитерских изделиях ($0,30 \pm 0,08$ мг/кг), содержание эссенциальных элементов (железо, медь, цинк, марганец) в пищевых продуктах ниже приводимых в литературе среднероссийских данных. Недостаточное потребление данных эссенциальных микроэлементов наносит существенный ущерб здоровью: дефицит поступления железа ведет к гипохромной анемии, повышенной утомляемости, меди - нарушениям

формирования сердечно-сосудистой системы и скелета, цинка - циррозу печени, половой дисфункции, наличию пороков развития плода, марганца - нарушениям в репродуктивной системе, повышенной хрупкости костной ткани.

С помощью суммарного коэффициента антропогенной нагрузки на примере 16 районов республики проведено ранжирование по степени загрязненности пищевых продуктов токсичными элементами. Наибольшее накопление контаминантов выявлено в продукции, произведенной в районах республики с развитой горнорудной промышленностью: Баймакском ($\Sigma\text{Ка.н.} = 0,90$), Учалинском ($\Sigma\text{Ка.н.} = 0,64$), Белорецком ($\Sigma\text{Ка.н.} = 0,54$) и Уфимском районах ($\Sigma\text{Ка.н.} = 0,75$), где сосредоточены предприятия нефтепереработки, химии и нефтехимии, машиностроения и металлообработки.

Анализ суммарного среднесуточного поступления химических элементов из анализируемых сред ингаляционным и пероральным путями на примере территории, характеризующейся сочетанием природно-обусловленного и техногенного воздействия комплекса неблагоприятных факторов (Баймакский район), показал, что самое большое количество металлов поступает в организм с пищевыми продуктами - 0,058 мг/кг-день. Самый большой вклад в суммарное среднесуточное поступление тяжелых металлов приходится на цинк, медь, никель и хром, являющихся условно- или эссенциально-необходимыми элементами.

Результаты оценки неканцерогенного риска для здоровья населения 16 районов от контаминации растениеводческой продукции свинцом, кадмием, хромом, никелем, медью, цинком по медианным значениям концентраций позволили особо выделить юго-восточную часть региона с высокими значениями риска для Баймакского ($\text{HI} = 1,34$) и Учалинского ($\text{HI} = 1,01$) районов, а также Мишкинского ($\text{HI} = 1,21$) района из северной части региона, что свидетельствует о существовании высокого риска развития заболеваний, обусловленных воздействием тяжелых металлов при употреблении овощных культур населением данных районов. В остальных районах вероятность развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении вышеуказанных металлов с овощами и картофелем характеризуется как допустимая ($\text{HI} < 1$). Наибольший вклад в формирование неканцерогенного риска, обусловленного пероральным поступлением исследованных элементов, содержащихся в отобранных овощных культурах, вносят медь, хром ($\text{HQ} = 0,091$), кадмий ($\text{HQ} = 0,082$).

Расчет суммарного индивидуального канцерогенного риска при поступлении в организм свинца и кадмия с овощными культурами составил от $1,1 \times 10^{-4}$ в Стерлитамакском районе до $1,5 \times 10^{-5}$ в Альшеевском районе. Согласно полученным данным, для Стерлитамакского района с индустриально-аграрным сектором, расположенного в центральной части республики, величина пожизненного канцерогенного риска является сигнальной (10^{-4}), свидетельствующей о существовании потенциальной опасности для человека, для остальных районов уровень канцерогенного риска является приемлемым (10^{-5}).

Оценка риска для всего населения региона при поступлении 11 элементов с основными группами пищевых продуктов позволила установить, что общий индекс опасности не превышает допустимого значения ($HI = 0,74$), а индивидуальный канцерогенный риск от воздействия свинца, кадмия, мышьяка находится на предельно допустимом уровне ($8,0 \times 10^{-5}$).

В рамках реализации второй научной тематики оценен риск поступления распространенных пищевых добавок (сорбиновой, бензойной кислот) в организм человека и их комбинированное влияние на метаболизм аскорбиновой кислоты.

Согласно проведенным исследованиям, содержание консервантов в образцах 5 различных групп пищевых продуктов («фрукты и ягоды», «молоко и молочные продукты», «масло растительное и другие жиры», «овощи и бахчевые», «сахар и кондитерские изделия») не превышает гигиенических нормативов, за исключением образцов из группы «масло растительное и другие жиры», где выявлено повышенное содержание (1,2 МДУ) сорбиновой кислоты. При недопустимости использования сорбиновой и бензойной кислот в соковой и кисломолочной продукции выявленные незначительные концентрации этих веществ (от 0,9 до 39 мг/кг), по всей вероятности, обусловлены их естественным происхождением.

Результаты оценки риска для здоровья взрослого и детского населения Республики Башкортостан, обусловленного потреблением исследованных пищевых продуктов, позволили определить, что наибольший вклад в экспозицию населения бензойной кислотой вносят кремы для тортов (HQ_{cp} в пределах 0,11-0,50) и творожные сырки (HQ_{cp} в пределах 0,06-0,29). Оценка величины суммарного индекса опасности бензойной кислоты, содержащейся в пищевых продуктах, выявила наличие настораживающего неканцерогенного

риска для здоровья детского населения ($HI = 0,961$) при допустимом уровне неканцерогенного риска для взрослого населения региона ($HI = 0,206$).

Проведенные токсико-гигиенические исследования по изучению метаболизма аскорбиновой кислоты при комбинированном поступлении с сорбиновой и бензойной кислотами в организм лабораторных животных показали, что увеличение пероральных доз консервантов отрицательно влияет на уровень аскорбиновой кислоты, а распределение исследованных консервантов в органах происходит неравномерно и не наблюдается их явного накопления.

Проведенные токсико-гигиенические исследования по изучению метаболизма аскорбиновой кислоты при комбинированном поступлении с сорбиновой и бензойной кислотами в организм лабораторных животных показали, что распределение исследованных консервантов в органах происходит неравномерно и не наблюдается их явного накопления; увеличение пероральных доз консервантов отрицательно влияет на концентрацию аскорбиновой кислоты в головном мозге, в то время как продолжительность эксперимента оказывает положительный эффект на накопление аскорбиновой кислоты.

Материалы, результаты исследований, примененные методические подходы подчеркивают актуальность проведения мониторинга содержания контаминантов в пищевой продукции, реализуемой населению, и могут быть использованы для совершенствования системы социально-гигиенического мониторинга.

По результатам научно-исследовательских работ в соавторстве изданы методические указания МУ 2.3.7.3693-21 «Мониторинг качества и безопасности пищевой продукции в Российской Федерации», 1 монография, опубликовано 20 статей, из них 4 публикации в научных изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, 3 - в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, и 13 – в индексируемых в базе Российского индекса научного цитирования. Подготовлены и направлены в Роспотребнадзор 4 информационно-методических письма, оформлены 3 промежуточных и 2 заключительных отчета.

Результаты работы неоднократно обсуждены на научных мероприятиях международного, всероссийского и регионального уровней: Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные

проблемы экологии, гигиены и медицины труда» (Уфа, 2016 г.); региональной научно-практической конференции «Итоги и перспективы развития научной и методической базы санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Башкортостан», посвященной 95-летию со дня образования Государственной санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации (г. Уфа, 2017 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Экология Республики Башкортостан и сопредельных территорий» (г. Уфа, 2019 г.); всероссийском форуме «Здоровье нации – основа процветания России» в рамках научно-практической конференции «Оптимизация питания населения как доминанта в достижении здоровьесбережения и долголетия» (г. Москва, 2019 г.); международном молодежном форуме «Молодежь. Наука. Безопасность» (г. Москва, 2019 г.); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы профилактической медицины, среды обитания и здоровья трудоспособного населения», посвященной 65-летию со дня образования ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека» (г. Уфа, 2020 г.).

Поступила/Received: 10.11.2021

Принята в печать/Accepted: 17.11.2021