

© Даукаев Р.А., Ларионова Т.К., Аллаярова Г.Р., Адиева Г.Ф., Афонькина С.Р., Фазлыева А.С., Усманова Э.Н., Курилов М.В., 2019

УДК 613.2;614.3

РАНЖИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН ПО УРОВНЮ КОНТАМИНАЦИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Р.А. Даукаев, Т.К. Ларионова, Г.Р. Аллаярова, Г.Ф. Адиева, С.Р. Афонькина, А.С. Фазлыева, Э.Н. Усманова, М.В. Курилов

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»
ул. Степана Кувыкина, 94, г. Уфа, 450106, Россия

Представлены результаты многолетних исследований по изучению загрязнения тяжелыми металлами среды обитания в различных районах Республики Башкортостан – регионе с высоким уровнем концентрации промышленного производства, развитым аграрным комплексом и со своеобразными природно-климатическими условиями. Изучено загрязнение металлами основных видов пищевых продуктов массового потребления (овощи, мясо, молоко), произведенных в регионе и составляющих существенную часть продуктовой корзины населения республики. Использовались санитарно-гигиенические, химико-аналитические и статистические методы исследований. Результаты исследований позволили установить фоновые уровни содержания химических элементов, характерных для продукции животного и растительного происхождения, получаемой в конкретных природных зонах с определенной экологической ситуацией, а также предложить систему ранжирования территорий по степени накопления тяжелых металлов в продукции животноводства и растениеводства.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, безопасность пищевых продуктов, тяжелые металлы, ранжирование территорий.

R.A. Daukaev, T.K. Larionova, G.R. Allayarova, G.F. Adieva, S.R. Afon'kina, A.S. Fazlyyeva, E.N. Usmanova, M.V. Kurilov □ **TERRITORIES RANKING OF BASHKORTOSTAN ON THE LEVEL OF FOOD PRODUCTS CONTAMINATION** □ Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94, Stepan Kuvykina Str., Ufa, 450106, Russia.

The article presents results of many years research into the contamination of the environment with heavy metals in various regions of Bashkortostan – a region with a high concentration of industrial production, a developed agricultural complex, and peculiar climatic conditions. We studied the contamination by metals of the main types of foodstuffs for mass consumption (vegetables, meat, milk) produced in the region and making up a substantial part of public food basket of the Republic. Sanitary-hygienic, chemical-analytical and statistical research methods were used. The results of the research allowed to establish chemical elements background levels typical for animal and plant products obtained in specific natural areas with a certain environmental situation, as well as to propose a system for territories ranking by the degree of heavy metals accumulation in animal husbandry and crop production.

Key words: anthropogenic load, food safety, heavy metals, territories ranking.

Актуальность проблемы безопасности пищи возрастает с каждым годом, поскольку обеспечение должного качества пищевого сырья и продуктов питания является одним из основных факторов, определяющих отсутствие опасности для здоровья человека при их употреблении как с точки зрения острого негативного воздействия (пищевые отравления и пищевые инфекции), так и с точки зрения опасности отдаленных последствий (аллергическое, канцерогенное, мутагенное и тератогенное действие) [2, 11, 12].

В соответствии с положениями «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» [6], основной задачей государственной политики в области здорового питания является создание устойчивой экономической, законодательной и материальной базы, обеспечивающей мониторинг и системный анализ состояния питания населения, пропаганду и популяризацию принципов рационального, сбалансированного питания, гигиеническую безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов.

Многочисленные исследования, выполненные российскими учеными, свидетельствуют о том, что в современных условиях пищевые продукты содержат различные количества конта-

минантов. Наибольший удельный вес в общем объеме проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, занимают пробы с повышенным содержанием нитратов, пестицидов, токсичных элементов [1, 3, 5, 7, 8]. Поступление в организм человека химических загрязнителей алиментарным путем, как правило, существенно отличается в разных регионах Российской Федерации. Основу отличий составляют региональные особенности структуры питания населения и различное содержание контаминантов в продовольственном сырье и пищевых продуктах местного производства [4, 9, 10].

В Республике Башкортостан остается значимой проблема интенсивного и стойкого загрязнения среды тяжелыми металлами, которые в определенных случаях выступают в роли ведущего гигиенического фактора, определяющего характер и направление развития биогеоценозов. На территории республики представлен практически весь спектр естественных и техногенных источников тяжелых металлов, в том числе более 3 тыс. месторождений шестидесяти видов минерального сырья. На разведанных запасах создан мощный минерально-сырьевой комплекс, включающий нефтедобычу и нефтепереработку, черную и цветную металлургию, химическое производство и производ-

ство строительных материалов. Географическое размещение предприятий нефтедобывающего и горнодобывающего комплексов соответствует особенностям геологического строения территории Башкортостана: в северо-западной и юго-западной части республики находятся месторождения нефти и газа (города Туймазы, Октябрьский, Белебей, Мелеуз, Салават и др.), в юго-восточной части сосредоточены месторождения медно-колчеданных, железных, марганцевых и золотonosных руд (города Учалы, Сибай, Белорецк, Баймак и др.). Важную роль в экономике республики играет и многоотраслевое сельское хозяйство. По объему производства продукции сельского хозяйства республика стабильно входит в первую тройку регионов Российской Федерации, занимая по валовому сбору зерна третье, по производству мяса – второе, картофеля и молока – первое места.

Регулярная производственная деятельность предприятий металлургического, нефтедобывающего, нефтеперерабатывающего и химического комплексов, интенсификация сельскохозяйственного производства, сопровождающаяся строительством крупных животноводческих комплексов, химизацией земель и созданием перерабатывающих предприятий, обуславливает активное поступление тяжелых металлов в окружающую среду и накопление их в сельскохозяйственных культурах, продукции животноводства, что в конечном счете негативно влияет на состояние здоровья населения республики.

Цель исследования – оценка региональных особенностей загрязнения среды обитания тяжелыми металлами для ранжирования территорий по степени антропогенной нагрузки путем расчета суммы отношений концентраций токсичных элементов (Pb, Cd, As, Hg) в пищевых продуктах к их предельно допустимым уровням.

Материалы и методы. Гигиенические исследования проведены на территориях Республики Башкортостан (РБ) с наиболее напряженной ситуацией по загрязнению объектов окружающей среды тяжелыми металлами: горнорудных районах (Белорецкий, Учалинский, Баймакский), промышленно-сельскохозяйственном районе (Стерлитамакский), вблизи крупного промышленного города (Уфа), а также в районе сельскохозяйственной направленности, не испытывающей значительного воздействия со стороны промышленных предприятий (Чишминский). Исследования проб объектов окружающей среды и пищевых продуктов проводились в соответствии с действующими методическими указаниями и инструкциями по отбору образцов, пробоподготовке и лабораторному контролю. Содержание элементов (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, медь, цинк, никель) в образцах определяли атомно-абсорбционным методом с использованием спектрометров *SpectrAA* моделей 240FS и 240Z с пламенной и электротермической атомизацией.

Алгоритм исследований состоял из следующих этапов:

1. Ретроспективная диагностика организации проблемной территории, в том числе идентификация источников поступления тяжелых

металлов в окружающую среду, учет природно-климатических особенностей.

2. Комплексная гигиеническая оценка опасности загрязнения территории тяжелыми металлами, в том числе оценка степени санитарно-гигиенического и санитарно-эпидемиологического неблагополучия на основе анализа информации об уровнях контаминации объектов среды обитания, состоянии здоровья населения по данным медико-демографических показателей и заболеваемости различных возрастных контингентов населения.

3. Разработка рекомендаций по снижению опасности воздействия тяжелых металлов на здоровье населения на основе анализа информации о качестве среды обитания и здоровья населения, методологии гигиенического ранжирования.

Статистическая обработка данных проведена с помощью стандартных компьютерных программ. При нормальном распределении содержания элементов в пищевых продуктах использованы средние значения, при распределении величин, не подчиняющихся закону Гаусса, – медианы.

Результаты исследования. Оценка степени загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами выявила, что наибольший вклад в суммарную техногенную нагрузку на снежный покров вносят: в горнорудных районах – Pb, Cd, Cr (Белорецкий район), Zn, Cd, Hg (Учалинский район), Cu, Zn, Pb (Баймакский район); в промышленно-сельскохозяйственном (Стерлитамакском) районе – Ni, Pb, Cr; вблизи крупного промышленного города (Уфа) – Mn, Ni, Cu; на территории Чишминского района – Pb, Zn.

Почвы исследованных территорий характеризуются аномалиями как природного, так и техногенного происхождения: в Белорецком районе – по содержанию Ni, Pb, Fe (до 5,9 ПДК); в Учалинском и Баймакском районах – по содержанию Cu, Zn, Cr, Cd, As, Ni (до 2,0 ПДК); в Стерлитамакском районе – по содержанию Zn, Ni (до 4,5 ПДК); вблизи крупного промышленного города – по содержанию Zn, Fe, Ni, Cu (до 4,0 ПДК); на территории Чишминского района – по содержанию Zn, Ni (до 2,0 ПДК).

Средние уровни концентраций изученных элементов в *питьевой воде* (ПДК_{пит.}) исследованных территорий не превышали нормативных значений. Элементный состав вод поверхностных водоемов характеризуется повышенным содержанием Fe (до 3,9 ПДК_{пит.}), Mn (до 43,3 ПДК_{пит.}) в Белорецком районе; Fe и Pb (до 1,4 ПДК_{пит.}), Mn (до 36 ПДК_{пит.}) – в Учалинском районе; Hg (до 1,0 ПДК_{пит.}), Mn (до 1,6 ПДК_{пит.}) – в Баймакском районе; Fe (до 3,0 ПДК_{пит.}) – в Стерлитамакском районе; Fe (до 2,5 ПДК_{пит.}) – в Чишминском районе.

Тесная взаимосвязь между содержанием элементов в объектах среды обитания (почва, вода, снежный покров) и пищевых продуктах (зерновые и овощные культуры, мясо, молоко), произведенных на данной территории, позволяет использовать последние в качестве тест-систем в мониторинге загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

Среди изученных элементов свинец, кадмий, мышьяк и ртуть относятся к токсичным, обладающим сильно выраженными токсикологическими и кумулятивными свойствами, их поступление с пищей в повышенных количествах может привести к острой или хронической интоксикации, в ряде случаев – к развитию злокачественных новообразований. Никель является условно-эссенциальным, медь и цинк – эссенциальными элементами, принимающими активное участие в процессах жизнедеятельности, в связи с чем выведены за границу истинных контаминантов химической природы. Однако при том, что для меди и цинка определена оптимальная физиологическая потребность, в определенных дозах они являются токсичными для организма, а присутствие их в пищевых продуктах рассматривается как факт контаминации.

Исследования показали, что контаминацию пищевой продукции одним из глобальных загрязнителей среды обитания человека – свинцом можно рассматривать как незначительную, но достаточно стабильную: свинец обнаруживается во всех видах продукции животноводства и растениеводства, больше всего этого металла содержится в продуктах, произведенных в зоне влияния крупного промышленного города. На этой же территории отмечается максимальный уро-

вень содержания в продуктах кадмия и никеля. Концентрация никеля во всех видах продукции, произведенной в зоне выбросов предприятий г. Уфы, превышает предельно допустимый уровень от 2 до 12 раз. В зоне выбросов золотоизвлекательной фабрики (Баймакский район) в пищевых продуктах происходит накопление ртути (до 7 ПДУ), меди (4,4 ПДУ), цинка (1,5 ПДУ).

Для ранжирования территорий республики по степени антропогенного загрязнения были рассчитаны суммарные коэффициенты (индексы) отношения концентрации токсичных элементов (Pb, Cd, As, Hg) в пищевых продуктах к предельно допустимому уровню ($\sum Ci/ПДУ_i$). По результатам расчета в зависимости от величины индекса выделены четыре зоны, характеризующиеся степенью загрязнения – от практически чистой до чрезвычайно загрязненной (табл. 1).

Исследованные территории по степени увеличения контаминации пищевых продуктов токсичными элементами расположились следующим образом: зона 0 – сельскохозяйственная (Чишминский район), зона I – промышленно-сельскохозяйственная (Стерлитамакский район) и горнорудная (Учалинский район), зона II – горнорудная (Белорецкий район), зона III – пригородная (вблизи г. Уфы), зона IV – горнорудная (Баймакский район) (рис. 1).

Таблица 1. Ранжирование территорий по степени контаминации пищевых продуктов токсичными элементами Pb, Cd, As, Hg

Table 1. Ranking of territories by the degree of food products contamination with toxic elements Pb, Cd, As, Hg

$\sum \frac{Ci}{ПДУ_i}$ Pb, Cd, As, Hg	Зона	Характеристика зоны
$\sum \frac{Ci}{ПДУ_i} < 1$	0	Практически чистая территория
$1 < \sum \frac{Ci}{ПДУ_i} < 2$	I	Слабо загрязненная территория
$2 < \sum \frac{Ci}{ПДУ_i} < 4$	II	Загрязненная территория
$4 < \sum \frac{Ci}{ПДУ_i} < 5$	III	Сильно загрязненная территория
$\sum \frac{Ci}{ПДУ_i} > 5$	IV	Чрезвычайно загрязненная территория

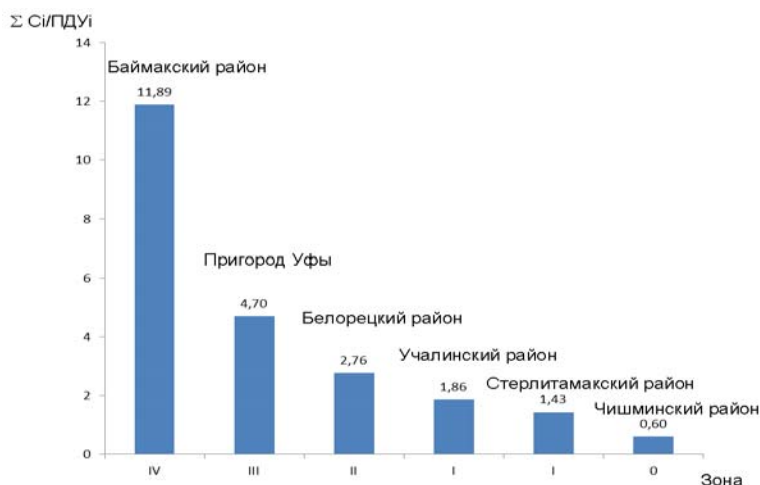


Рис. 1. Зоны с различной степенью контаминации пищевых продуктов токсичными элементами
Fig. 1. Areas with varying degrees of food contamination with toxic elements

Экологическое состояние территорий, оцененное по индексу контаминации пищевых продуктов, соответствует суммарному уровню антропогенного загрязнения объектов окружающей среды – снежного покрова, воды, почвы.

Заключение. Обеспечение безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов путем выявления природных зон с оптимальными условиями для производства высококачественных экологически чистых продуктов при интенсивном техногенном загрязнении окружающей среды становится все более актуальной проблемой. Выполненные исследования позволили учесть комплексную природную и антропогенно-техногенную обстановку, сложившуюся в результате развития территорий, выявить наиболее благоприятные зоны для производства того или иного вида продукции.

По результатам данных исследований предложен ряд рекомендаций, подлежащих реализации заинтересованными органами и учреждениями:

- в рамках задач социально-гигиенического мониторинга в целях стандартизации методологических подходов для определения элементного состава пищевых продуктов применять метод атомно-абсорбционной спектрометрии или иные методы с подходящими метрологическими характеристиками;

- установленные уровни содержания элементов в пищевых продуктах исследованных территорий использовать для сравнительной оценки аналогичных показателей пищевых продуктов, произведенных на других территориях;

- включить в перечень контролируемых показателей химические элементы, являющиеся приоритетными загрязнителями конкретной территории;

- апробировать подход к ранжированию территорий по степени антропогенной нагрузки путем расчета суммы отношений концентрации токсичных элементов (Pb, Cd, As, Hg) в пищевых продуктах к их предельно допустимым уровням.

ЛИТЕРАТУРА

(п. 11–12 см. References)

1. Багрянцева О.В., Шatrov Г.Н., Хотимченко С.А. и др. Алюминий: оценка риска для здоровья потребителей при поступлении с пищевыми продуктами // Анализ риска здоровья. 2016. № 1. С. 59–68.
2. Донченко Л.В., Надькта В.Д. Безопасность пищевой продукции. В 2 ч. Часть 1: учебник для СПО. 3-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2018. 264 с.
3. Жидкин В.И., Семусhev А.М. Загрязнение пищевых продуктов нитратами, пестицидами и тяжелыми металлами // Предпринимательство. 2014. № 5. С. 190–198.
4. Каримова Л.К., Шарафисламова З.Ф., Ларионова Т.К. и др. Определение приоритетных загрязнителей пищевых продуктов, произведенных в зоне влияния горнодобывающего предприятия Республики Башкортостан // Башкирский химический журнал. 2008. Т. 15. № 3. С. 161–162.
5. Лыжина А.В., Унгуряну Т.Н., Родиманов А.В. Риск здоровью населения при воздействии тяжелых металлов, загрязняющих продовольственное сырье и пищевые продукты // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 7 (304). С. 4–7.
6. Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 № 1364-р // Собрание законодательства РФ. 2016. № 28. ст. 4758.
7. Тулина Л.М., Вьяльцина Н.Е., Макарова Т.М. и др. Гигиеническая оценка содержания химических контаминантов в продуктах питания и оценка риска воздействия пищевых продуктов на здоровье населения Оренбургской области // Анализ риска здоровью. 2014. № 1. С. 49–56.
8. Тутельян В.А., Хотимченко С.А. Качество и безопасность пищевой продукции: современные аспекты / Под

ред. профессора А.Ю. Поповой // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Гигиена, токсикология, профпатология: традиции и современность». М., 2016. С. 242–248.

9. Феттер В.В. Оценка риска для здоровья населения химической контаминации продуктов питания и продовольственного сырья // Анализ риска здоровью. 2013. № 4. С. 54–63.
10. Фомина С.Ф., Степанова Н.В. Неканцерогенный риск для здоровья детского населения г. Казани, обусловленный контаминацией пищевых продуктов и сырья // Анализ риска здоровью. 2017. № 4. С. 42–48.

REFERECES

1. Bagryantseva O.V., Shatrov G.N., Khotimchenko S.A. et al. Aluminium: otsenka riska dlya zdorov'ya potrebitel'ei pri postuplenii s pishchevymi produktami [Aluminum: risk assessment for consumers' health when entering with food]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2016, no. 1, pp. 59–68. (In Russ.)
2. Donchenko L.V., Nadykta V.D. Bezopasnost' pishchevoi produktsii [Food safety]. V 2 chastyakh. Chast' 1: uchebnik dlya SPO. 3-e izd., ispr. i dop. M.: Izdatel'stvo Yurait Publ., 2018, 264 p. (In Russ.)
3. Zhidkin V.I., Semushev A.M. Zagryaznenie pishchevykh produktov nitrataми, pestitsidami i tyazhelyimi metallami [Food contamination with nitrates, pesticides and heavy metals]. *Predprinimatel'stvo*, 2014, no. 5, pp. 190–198. (In Russ.)
4. Karimova L.K., Sharafislamova Z.F., Larionova T.K. et al. Opredelenie prioritetnykh zagryaznitel'ei pishchevykh produktov, proizvedennykh v zone vliyaniya gomodobyvayushchego predpriyatiya Respubliki Bashkortostan [Priority contaminants determination of food products produced in the influence zone of the mining enterprise of Bashkortostan]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal*, 2008, vol. 15, no. 3, pp. 161–162. (In Russ.)
5. Lyzhina A.V., Unguryanu T.N., Rodimanol A.V. Risk zdorov'yu naseleniya pri vozdeystvii tyazhelykh metallov, zagryaznyayushchikh prodovol'stvennoe syr'e i pishchevye produkty [Risk to public health when exposed to heavy metals that pollute food raw materials and food products]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2018, no. 7 (304), pp. 4–7. (In Russ.)
6. Ob utverzhdenii Strategii povysheniya kachestva pishchevoi produktsii v Rossiiskoi Federatsii do 2030 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 29.06.2016. № 1364-r [On approval of the Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030: Order of the Government of the Russian Federation of June 29, 2016 no. 1364-p]. *Sobranie zakonodatel'stva RF*, 2016, no. 28, p. 4758. (In Russ.)
7. Tulina L.M., Vyal'tsina N.E., Makarova T.M. et al. Gigenicheskaya otsenka soderzhaniya khimicheskikh kontaminantov v produktakh pitaniya i otsenka riska vozdeystviya pishchevykh produktov na zdorov'e naseleniya Orenburgskoi oblasti [Hygienic assessment of chemical contaminants content in food products and the risk assessment of the food products impact on the public health of the Orenburg region]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2014, no. 1, pp. 49–56. (In Russ.)
8. Tutel'yan V.A., Khotimchenko S.A. Kachestvo i bezopasnost' pishchevoi produktsii: sovremennye aspekty [Quality and safety of food products: modern aspects]. In: Professor A.Yu. Popovoi ed. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Gigena, toksikologiya, profpatologiya: traditsii i sovremennost'»*. Moscow, 2016, pp. 242–248. (In Russ.)
9. Fetter V.V. Otsenka riska dlya zdorov'ya naseleniya khimicheskoi kontaminatsii produktov pitaniya i prodovol'stvennogo syr'ya [Public health risk assessment of chemical contamination of food and food raw materials]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2013, no. 4, pp. 54–63. (In Russ.)
10. Fomina S.F., Stepanova N.V. Nekants'erogennyi risk dlya zdorov'ya detskogo naseleniya g. Kazani, obuslovlennyy kontaminatsiei pishchevykh produktov i syr'ya [Non-carcinogenic risk to the children's population health of Kazan due to contamination of food and raw materials]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2017, no. 4, pp. 42–48. (In Russ.)
11. Milner J.A. Functional foods and health: a US perspective. *British J. Nutrition*, 2002, vol. 88, Suppl. 2, pp. 151–158.
12. Stepanova N., Valeeva E. Assessment of the nutritional status in junior school children from the city of Kazan. *European Journal of Clinical Investigation*, 2018, vol., Issue S1. p. 199

Контактная информация:

Даукаев Рустем Аскарлович, кандидат биологических наук, заведующий химико-аналитическим отделом ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» e-mail: ufa.lab@yandex.ru

Contact information:

Daukaev Rustem, candidate of biological Sciences, head of chemical and analytical department of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology e-mail: ufa.lab@yandex.ru