

УДК 614.7 (470.57)

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ, ВЫРАЩЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ
ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

Даукаев Р.А., Ларионова Т.К., Афонькина С.Р., Аллаярлова Г.Р., Адиева Г.Ф., Печерская В.Л., Зеленковская Е.Е., Фазлыева А.С., Усманова Э.Н.

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

Проведена оценка загрязнения тяжелыми металлами овощей и картофеля, выращенных в частных подсобных хозяйствах и на дачных участках, расположенных в зоне влияния крупного промышленного города. Установлено, что овощная продукция не может считаться безопасной: до 50% проб не соответствуют требованиям нормативных документов по содержанию кадмия, хрома, никеля. Кроме того, в овощах выявлен недостаток железа, меди, цинка и марганца. Полученные данные свидетельствуют о необходимости постоянного контроля загрязнения тяжелыми металлами пищевых продуктов, произведенных в частных хозяйствах республики.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, продукция растительного происхождения, атомно-абсорбционная спектрометрия, безопасность пищевых продуктов*

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

**THE STUDY OF POLLUTION BY HEAVY METALS OF VEGETABLES GROWN UP IN
THE INDUSTRIAL AREA**

Daukaev R.A., Larionova T.K., Afonkina S.R., Allayarova G.R., Adieva G.F., Zelenkovskaya E.E., Pecherskaya V.L., Usmanova E.N., Fazlieva A.S.

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

We have studied the impact of heavy metal pollution on vegetables and potatoes grown up in private farms and in the suburbs of the large industrial city. It has been shown that vegetable products cannot be considered safe: up to 50% of samples do not meet the requirements of regulations on the concentrations of cadmium, chromium, nickel. Moreover, in vegetables there is a lack of iron, copper, zinc and manganese. The data obtained indicate the need for continuous monitoring of heavy metal contamination of food products produced on private farms of the republic.

Key words: *heavy metals, vegetables, atomic absorption spectrometry, food safety*

Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

Продовольственная безопасность - один из важнейших критериев и показателей экономической и национальной безопасности страны. Уровень продовольственной безопасности в каждом регионе определяется его природно-климатическими условиями, социально-экономическим положением, состоянием агропромышленного производства [1]. Республика Башкортостан является многоотраслевым регионом, на

ее территории можно выделить различные зоны риска производства пищевых продуктов, не удовлетворяющих требованиям безопасности. Особенно актуальна эта проблема для города Уфы, имеющего многоотраслевую производственную структуру: машиностроительную, металлообрабатывающую, нефтеперерабатывающую, химическую, нефтехимическую, легкую и лесную отрасли промышленности, которые способствуют загрязнению тяжелыми металлами объектов окружающей среды и, как следствие, пищевых продуктов.

Если на предприятиях, производящих пищевые продукты, осуществляется производственный контроль качества, то продукты из частных хозяйств остаются без наблюдения. Доля местной продукции в питании населения, в том числе с приусадебных участков, достаточно велика, что ставит задачу оценки ее безопасности для выявления риска здоровью населения [4].

Цель работы – провести оценку и установить особенности загрязнения тяжелыми металлами продукции растительного происхождения, произведенной в частных хозяйствах вблизи крупного промышленного города.

Материал и методы исследования. Эколого-гигиенические исследования проведены на территориях, прилегающих к городу Уфе Республики Башкортостан. Предметом исследования являлись сельскохозяйственные культуры (картофель, морковь, свекла), как наиболее часто употребляемые в пищу. Всего было отобрано 183 пробы.

Исследуемая местность была поделена на четыре зоны географического расположения точек отбора проб относительно города Уфы с учетом розы ветров и удаления от основных источников загрязнения. При этом была выбрана следующая размерность удаления: до 25 км и 26 – 55 км.

В первую группу наблюдения вошли населенные пункты, расположенные к югу, юго-востоку от Уфы – п. Самохваловка, п. Нагаево, п. Чесноковка, д. Александровка, с. Кармаскалы. Ко второй группе наблюдения отнесены населенные пункты, расположенные к западу, юго-западу – с. Жуково, п. Алкино, д. Богомолровка, д. Еремеево. К третьей группе наблюдения отнесены населенные пункты, размещенные к востоку, северо-востоку: д. Дудкино, д. Князево, п. Иглино, д. Булан-Турган. Четвертую группу наблюдения составили населенные пункты, расположенные к северу и северо-западу: п. Алексеевка, с. Шарипово, г. Благовещенск, с. Кушнареново.

Работа по отбору, подготовке проб и количественному определению тяжелых металлов в продуктах выполнена в аккредитованном на техническую компетентность и независимость Испытательном центре (химико-аналитический отдел) Федерального бюджетного учреждения науки «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.510411). Отбор проб картофеля и овощей производили согласно действующим методическим документам непосредственно в местах их произрастания - в личных подсобных хозяйствах местных жителей и на дачных участках, из точечных проб составляли объединенную массой 2 кг, упаковывали в полиэтиленовые пакеты и доставляли в лабораторию.

Подготовку проб проводили способом сухого озоления, полученную золу растворяли в тигле при нагревании в азотной кислоте (1:1 по объему) из расчета 1-5 см³ кислоты на навеску в зависимости от зольности продукта. Раствор выпаривали до

влажных солей. Осадок растворяли в 15-20 см³ азотной кислоты массовой долей 1%, количественно переносили его в мерную колбу вместимостью 25 см³ и доводили до метки той же кислотой.

Содержание химических элементов (свинец, кадмий, хром, никель, марганец, медь, цинк, железо) в образцах определяли атомно-абсорбционным методом с использованием спектрометров Spectr AA 240FS и 240Z (Varian, Австралия) с пламенной и электротермической атомизацией.

Полученные результаты сравнивали с предельно-допустимыми уровнями, представленными в техническом регламенте ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и «Временных гигиенических нормативах содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах» № 2450-81, а также с литературными данными.

Элементный состав продуктов оценен как по средним величинам (или медиане), так и в зависимости от расположения и удаленности точки произрастания сельскохозяйственной культуры от источников промышленных выбросов.

Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием пакета прикладных программ «Microsoft Excel» и «Statistica», достоверность различий в группах осуществляли путем вычисления критерия Стьюдента. Заданный уровень вероятности составлял 95% ($P < 0,05$).

Результаты и обсуждение. Промышленные предприятия, расположенные в г. Уфе, автомобильные и железные дороги являются источником поступления в объекты окружающей среды кадмия, свинца, марганца, хрома и никеля. Известно, что почвы пригородных зон загрязнены тяжелыми металлами, в связи с чем, повышенное содержание металлов в сельскохозяйственной продукции может быть следствием поступления его из почвы [2, 3, 5, 6].

На первом этапе было рассмотрено содержание элементов в овощах по всей изучаемой выборке, без учета расположения мест отбора проб относительно г. Уфы (таблица 1). Во всех культурах выявлены высокие концентрации кадмия, превышающие допустимый уровень в 1,2-3,1 раза: в картофеле - в 16% проб, свекле - в 47% проб, моркови - в 30% проб (рис.1). При этом наибольшее содержание кадмия обнаружено в картофеле, выращенном в пригороде Благовещенска (0,044 мг/кг), в моркови (0,071 мг/кг) из с. Кармаскалы, свекле (0,092 мг/кг) из Кушнаренковского района.

Таблица 1
Среднее содержание элементов в овощах, выращенных в зоне влияния
промышленного города

Содержание элемента, мг/кг								
	Pb ¹	Cd ¹	Ni ²	Mn ³	Cr ²	Fe ⁴	Cu ³	Zn ³
Картофель								
Норма	0,5	0,03	0,5	1,70	0,2	9	1,4	3,6
Факт	0,018	0,020	0,18	0,89	0,18	4,50	0,73	2,88
M±m	±0,012	±0,008	±0,12	±0,35	±0,12	±1,17	±0,26	±0,61
медиана	0,018	0,021	0,13	0,89	0,11	4,35	0,67	2,95
Морковь								
Норма	0,5	0,03	0,5	2,0	0,2	7	0,80	4,0
Факт	0,011	0,045	0,19	1,19	0,08	3,02	0,52	2,07
M±m	±0,008	±0,039	±0,10	±1,06	±0,06	±1,09	±0,26	±0,76
медиана	0,007	0,022	0,16	0,58	0,05	2,60	0,39	2,00
Свекла								
Норма	0,5	0,03	0,5	6,60	0,2	14	1,4	4,25
Факт	0,018	0,039	0,18	4,57	0,11	3,98	0,76	2,91
M±m	±0,013	±0,028	±0,12	±2,18	±0,09	±1,65	±0,17	±0,76
медиана	0,014	0,028	0,13	4,20	0,07	3,30	0,76	2,70

Примечание: в качестве нормы приведены данные по содержанию химических элементов в продуктах питания:

¹ - ПДУ согласно ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

² - ПДУ согласно «Временным гигиеническим нормативам содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах» № 2450-81.

³ - по справочнику «Химический состав Российских пищевых продуктов» (2002).

⁴ - по книге Сушанский А.Г., Лифляндский В.Г. Энциклопедия здорового питания (1999).

Средние концентрации хрома (суммарного) и никеля были в пределах гигиенических нормативов, при этом максимальный уровень хрома, превышающий ПДУ в 2,5 раза (0,51 мг/кг), обнаружен в картофеле, выращенном в деревне Еремеево Чишминского района.

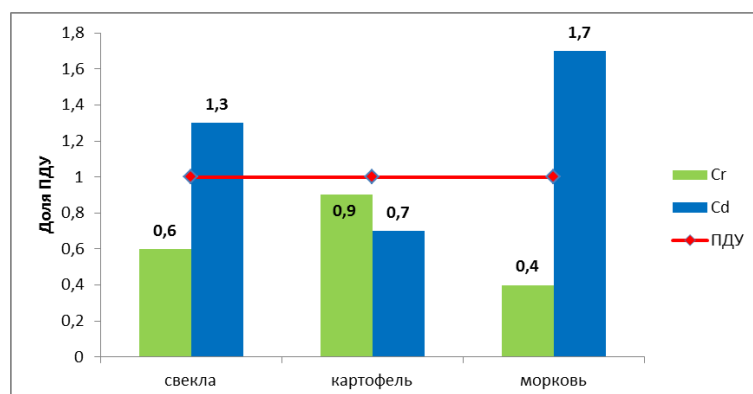


Рис. 1 Среднее содержание хрома и кадмия в овощах (в долях от ПДУ)

Никель на предельно-допустимом уровне (0,5 мг/кг) содержится в свекле, выращенной на садовых участках в д. Дудкино и в д. Александровка, в среднем по всем проанализированным образцам, его содержание составляет 0,4 ПДУ.

Содержание свинца (в диапазоне от 0,001 до 0,064 мг/кг) во всех пробах овощей и картофеля не превышало соответствующего предельно допустимого уровня.

При сравнении полученных результатов со среднероссийскими данными по содержанию макро- и микроэлементов, приведенными в справочной литературе, в овощах местного производства выявлен недостаток железа, меди, цинка и марганца (в среднем до 50%). Как известно, эти элементы необходимы для нормального функционирования организма человека, их недостаток может вызвать ряд серьезных проблем со здоровьем. Уровень марганца и железа в большей степени определяется не точкой отбора, а видом овощей. Так, марганца больше всего содержится в свекле ($4,57 \pm 2,18$ мг/кг), железа – в картофеле ($4,50 \pm 1,17$ мг/кг). Концентрация цинка и меди достоверно не отличается в зависимости от вида продукта.

Для оценки влияния промышленных выбросов на втором этапе обработки результатов исследования была сформирована база данных элементного состава пищевых продуктов, отобранных на различном удалении и в разных направлениях от города с учетом розы ветров. Согласно данным Башгидромета, в Уфе преобладают южные и юго-западные ветра, следовательно, северо-восточная окраина города находится в экологически проблемной зоне. При изучении воздействия промышленных выбросов городских предприятий установлено, что на элементный состав пищевых продуктов влияет как расстояние и направление от точки отбора до города, так и, в большей степени, химический состав почв, на которых выращены овощи и картофель. Суммарное загрязнение почв тяжелыми металлами выше в северной части города, а водорастворимыми формами - в южной [2]. Наибольший уровень загрязнения почв изучаемой территории свинцом и кадмием отмечен в южном и юго-западном направлении от города, вдоль железной дороги и автомагистралей, в этих же направлениях отмечена максимальная суммарная контаминация овощей. Накопление тяжелых металлов в овощах, произведенных вокруг города, носит разнонаправленный характер, например в северо-восточной и юго-восточной зонах в пробах обнаружено больше кадмия, свинец и никель преобладают в образцах, отобранных в южной части (рис.2).

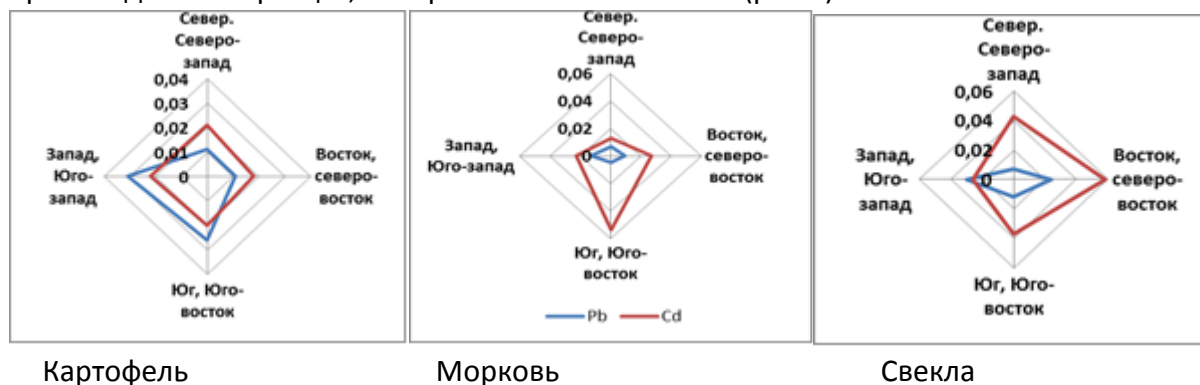


Рис.2 Содержание свинца и кадмия (мг/кг) в овощах в зависимости от расположения точек отбора проб относительно г. Уфы.

Самый высокий уровень кадмия наблюдается в свекле, выращенной в северо-восточном направлении на расстоянии более 25 км от Уфы, максимальная концентрация в моркови обнаружена в юго-восточном направлении на расстоянии также более 25 км. В северо-западном направлении от Уфы на расстоянии до 25 км в свекле выявлено высокое содержание хрома (0,47 мг/кг) и никеля (0,50 мг/кг).

Выводы:

1. Овощная продукция, произведенная в частных подсобных хозяйствах, расположенных в зоне влияния промышленного города, не может считаться безопасной: до 50% проб не соответствуют требованиям нормативных документов по содержанию элементов – кадмия, хрома, никеля.

2. В овощах и картофеле, выращенных в пригородной зоне Уфы, выявлен недостаток железа, меди, цинка и марганца.

3. Полученные данные свидетельствуют о необходимости постоянного контроля загрязнения тяжелыми металлами пищевых продуктов, произведенных в частных хозяйствах республики.

Список литературы:

1. Анищенко, А. Н. Оценка продовольственной безопасности региона / А. Н. Анищенко // Проблемы развития территории - 2013. - № 4(66). - С. 30 - 39.
2. Тяжелые металлы в почве индустриального, рекреационного и селитебного назначения в городе Уфе / Л. Н. Белан, З. К. Амирова, А. У. Валиуллина, Л.Р. Шамсутдинова, А.А. Хакимова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2015. - №6(17). - С. 169-173.
3. Даукаев, Р. А. Эколого-гигиеническая оценка загрязнения тяжелыми металлами окружающей среды в городе Уфе / Р. А. Даукаев, В. О. Красовский // Вестник Тверского государственного университета. - 2008. - № 7. - С. 185 - 188.
4. Ларионова, Т. К. Питание населения Республики Башкортостан в современных условиях / Т. К. Ларионова, А. Б. Бакиров, Р. А. Даукаев. - Уфа, Издательство "Гилем", 2015. - 196 с.
5. Осипова, Н. А. Тяжелые металлы в почве и овощах как фактор риска для здоровья человека / Н. А. Осипова, Е. Г. Язиков, Е. П. Янкович // Фундаментальные исследования. - 2013. - № 8-3. - С. 681-686; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=31981> (дата обращения: 22.05.2018).
6. Сульдина, Т. И. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. - 2016. - № 1. - С. 136-140; URL: <http://journal-nutrition.ru/ru/article/view?id=35727> (дата обращения: 22.05.2018).

Поступила/Received: 30.05.2018

Принята в печать/Accepted: 05.06.2018