ГИГИЕНА

УДК 669.018.674:613.2 Оригинальная статья

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ ФЕРМЕРСКИХ И ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВ НА ТЕРРИТОРИЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПОЛУЧНЫХ РАЙОНОВ

С. Ю. Чехомов *— ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, ассистент кафедры эпидемиологии;* ***Ю. В. Елисеева*** *— ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, доцент кафедры общей гигиены и экологии, доцент, кандидат медицинских наук;* ***Н. Н. Пичугина*** *— ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, доцент кафедры общей гигиены и экологии, кандидат медицинских наук;* ***Ю. Ю. Елисеев*** *— ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, заведующий кафедрой общей гигиены и экологии, профессор, доктор медицинских наук.*

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN FOOD OF FARMING AND PERSONAL HELP FACILITIES IN THE TERRITORIES OF ECOLOGICALLY UNFAVORABLE AREAS

S. Yu. Chekhomov *— Saratov State Medical University n. a. V. I. Razumovsky, Assistant of Department of Epidemiology;* ***Yu. V. Eliseeva*** *— Saratov State Medical University n. a. V. I. Razumovsky, Associate Professor of Department of General Hygiene and Ecology, PhD;* ***N. N. Pichugina*** *— Saratov State Medical University n. a. V. I. Razumovsky, Associate Professor of Department of General Hygiene and Ecology, PhD;* ***Yu. Yu. Eliseev*** *— Saratov State Medical University n. a. V. I. Razumovsky, Head of Department of General Hygiene and Ecology, Professor, DSc.*

Дата поступления — 16.06.2020 г. Дата принятия в печать — 03.09.2020 г.

Чехомов С. Ю., Елисеева Ю. В., Пичугина Н. Н., Елисеев Ю. Ю. **Гигиеническая оценка содержания тяжелых металлов в продуктах питания фермерских и личных подсобных хозяйств на территориях экологически неблагополучных районов. Саратовский научно-медицинский журнал 2020; 16 (3): 793–799.**

Цель: сравнительный анализ загрязнения тяжелыми металлами местной пищевой продукции, производимой на экологически неблагополучных территориях фермерскими и личными подсобными хозяйствами. *Материал и методы.* Отбор проб местной пищевой продукции проводили в летне-осенние периоды 2017–2019 гг. на территориях фермерских и личных подсобных хозяйств ряда районов Саратовской области. Определение содержания в пробах продуктов питания металлов: свинца, кобальта и мышьяка — проводили с использованием адсорбционной инверсионной вольтамперометрии на анализаторе «ИВА-5». Содержание ртути определяли методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрии холодного пара на анализаторе «РА 915 М». *Результаты.* Установлено, что медианные концентрации содержания ртути и кадмия в пищевой продукции Энгельсского, Федоровского, Саратовского, Балаковского и Марксовского районов, вне зависимости от формы хозяйственной собственности, и определяемые на уровне 90-го процентиля, были максимально приближены к предельно допустимому уровню (ПДУ). Наиболее уязвимыми местными продуктами при совокупном комплексе загрязнения тяжелыми металлами являлись хлеб и мясо. *Заключение.* Медианные концентрации содержания тяжелых металлов в образцах пищевых продуктов, выращенных на территориях фермерских и личных подсобных хозяйств и используемых в качестве местной пищи, не имели значимых достоверных различий в отношении их количественной контаминации.

Ключевые слова: гигиеническое изучение, содержание тяжелых металлов, сельскохозяйственная продукция, фермерские хозяйства, личные подсобные хозяйства.

Chekhomov SYu, Eliseeva YuV, Pichugina NN, Eliseev YuYu. **Hygienic assessment of the content of heavy metals in food of farming and personal help facilities in the territories of ecologically unfavorable areas. Saratov Journal of Medical Scientific Research 2020; 16 (3): 793–799.**

Objective: Comparative study of heavy metal contamination of local food products produced in ecologically unfavorable areas by farmers and personal subsidiary farms. *Material and Methods:* Sampling of local food products was carried out in the summer and autumn periods of 2017–19 on the territories of farms and personal subsidiary farms in a number of districts of the Saratov region. Determination of the content of metals in food samples: lead, cobalt and arsenic was performed using adsorption inversion voltammetry on the analyzer “IVA-5”. The mercury content was determined by the method of flame-free atomic absorption spectrometry of cold steam on the analyzer “RA 915 M”. *Results:* It is found out that the median concentration of mercury and cadmium in foods by Engels, Fedorovsky, Saratov, Balakovo and Marks areas, regardless of the form of business ownership, and determine the 90-percentile was closest to the remote control. Bread and meat were the most vulnerable local products when combined with heavy metal contamination. *Conclusion:* Median concentrations of heavy metals in food samples grown on the territories of farms and private farms and used as local food had no significant differences in their quantitative contamination.

Keywords: hygienic study, heavy metal content, agricultural products, farms, personal subsidiary plots.

Введение. В настоящее время одним из основных условий в области здорового питания населения Российской Федерации является обеспечение гигиенической безопасности продовольственного сырья и продуктов питания [1]. Обширная территория Саратовской области, расположенная в средне-нижней части реки Волги, традиционно используется в качестве сельскохозяйственных угодий для аграрного производства и позволяет успешно обеспечить население региона местными продуктами питания.

Вместе с этим в регионе отмечается динамика роста топливной, химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и металлургической промышленности. В результате значительная часть территории области испытывает негативное воздействие от ряда тяжелых металлов как на окружающую среду в целом, так и на пищевое сырье и продукцию в частности [2]. Постоянно проводимый Управлением Роспотребнадзора по Саратовской области гигиенический мониторинг оценки качества факторов окружающей среды 38 районов региона позволяет выявить ряд административных территорий наиболее неблагополучных по санитарно-химическим показателям загрязнения проб атмосферного воздуха, почвы и воды водоемов. В таких районах, как Балаковский, Дергачевский, Ершовский, Марксовский, Перелюбский, Романовский, Саратовский, Федоровский, Энгельсский на протяжении последних пяти лет отмечались превышения предельно допустимой концентрации в 13,5% случаев при отборе проб воды из системы хозяйственно-питьевого водоснабжения, в 4,23% проб при оценке качества атмосферного воздуха и также наличие в почве свыше 24 млн тонн промышленных отходов [3]. В результате в почве экологически неблагополучных агропромышленных территорий региона стабильно регистрируются превышения по содержанию тяжелых металлов, составляющие от 1,1 до 2,3 предельно допустимой концентрации [4]. Аналогичные данные по содержанию тяжелых металлов в воде, почве, донных отложениях ряда районов области были получены в совместных исследованиях сотрудников Саратовского государственного медицинского университета и Саратовского научно-исследовательского института сельской гигиены [5].

Однако регулярно проводимый Роспотребнадзором и областной ветеринарной службой контроль содержания химических загрязнителей в отдельных видах местных продуктов, выращенных на экологически неблагополучных территориях фермерскими хозяйствами и реализуемых в розничной сети, не выявляет превышения допустимых концентраций исследуемых контаминантов. Кроме того, местное население, владеющее личными подсобными хозяйствами, использует в пищу собственно выращенную продукцию, остающуюся, как правило, вне контроля (тем более, систематического мониторинга) содержания поллютантов, в том числе и тяжелых металлов со стороны федеральных и региональных органов [6].

Цель: сравнительное изучение загрязнения тяжелыми металлами местной пищевой продукции, производимой на экологически неблагополучных территориях фермерскими и личными подсобными хозяйствами.

Материал и методы. Исследования проводились в летне-осенние периоды 2017, 2018 и 2019 гг. в ряде экологически неблагополучных районов Саратовской области (Балаковском, Дергачевском, Ершовском, Марксовском, Перелюбском, Романовском, Саратовском, Федоровском и Энгельсском). Пробы из местных продуктов питания, включающие хлеб, мясо (говядина), коровье молоко, овощи (картофель, капуста, морковь, свекла, огурцы, кабачки), отбирались массой от 300,0 до 500,0 г. Отобранные пробы хлебной, мясной и овощной продукции упаковывались в полиэтиленовые мешки, молоко — в стерильную стеклянную посуду. Транспортировка образцов продукции в лабораторию филиала ООО ЦЭП «Экомир» осуществлялась в охлажденном виде в термоконтейнерах не позднее 36 часов после отбора проб. Химический анализ пищевых проб включал исследования содержания в них четырех металлов свинца (Pb), кадмия (Cd), ртути (Hg) и мышьяка (As). Определение содержания металлов свинца, кобальта, мышьяка в продуктах питания проводили с использованием адсорбционной инверсионной вольтамперометрии на анализаторе «ИВА-5». Содержание ртути в исследуемых образцах продуктов определяли методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрии холодного пара с предварительной минерализацией пробы под давлением на анализаторе «РА 915 М» с пиролитической приставкой РП-92.

Параллельно аналитическим исследованиям нами было проведено анкетирование 142 местных жителей, использующих личные подсобные хозяйства на предмет частоты употребления собственно производимой пищевой продукции.

Анализируемые концентрации тяжелых металлов в местной исследуемой продукции имели значительный разброс данных, распределение которых было ассиметричным, что не укладывалось в использование параметрических критериев. В связи с этим исследуемые пробы местных продуктов питания анализировались не только по среднему содержанию в них тяжелых металлов, но и рассчитывались медиана, а также как параметр вариабельности — уровень загрязнения в пробах, превышающий 90%, что соответствовало 90-му перцентилю. Для сравнения содержания тяжелых металлов в продуктах различных районов области, выращенных на личных участках и фермерских полях хозяйств, применяли критерий Манна — Уитни. Критический уровень статистической значимости принимался равным 0,05. Анализ данных проводился с помощью программного обеспечения SPSS 18.0 для Windows.

Результаты. Анализ анкетирования местных жителей из фермерских и личных подсобных хозяйств свидетельствовал о высокой частоте использования в пищу жителями Саратовской области продуктов собственного производства. Местный хлеб ежедневно употребляли 100%, а мясо и овощи с высокой частотой — от 3 до 5 раз в неделю — до 69% опрошенных. Напротив, местное молоко использовало 37% респондентов, из которых 99% были дети семейных домохозяйств, употреблявшие молоко ежедневно. В то же время молочную продукцию: масло, сыр, брынзу, сметану, кефир и тому подобное, — употребляли ежедневно почти все анкетированные. Из местных овощей, выращенных как фермерами, так и частниками, чаще всего (от 3 до 7 раз в неделю) в пищу, респонденты использовали картофель и капусту (соответственно 98 и 82% опрошенных). Реже, в свежем виде (от 1 до 3 раз в неделю), морковь и свеклу. Свежие огурцы и кабачки служили продуктами у 73% опрошенных, но в основном только в летний период.

Результаты анализа содержания тяжелых металлов в местных продуктах питания экологически неблагополучных районов Саратовской области представлены в табл. 1–5.

Ответственный автор — Елисеев Юрий Юрьевич
Тел.: +7 (919) 8315008
E-mail: yeliseev55@mail.ru

Представленные в табл. 1 – 4 данные по изучению наличия четырех металлов (Pb, As, Cd, Hg) в отобранных пробах свежих местных пищевых продуктов свидетельствовали об отсутствии превышения ПДУ содержания в них контаминантов. Более того, концентрации изучаемых тяжелых металлов не только соответствовали действующим в РФ гигиеническим нормативам, но и, практически, были идентичны как в продуктах питания (хлебе, овощах, мясе и молоке коров), произведенных на полях фермерских хозяйств, так и выращенных на участках личных подсобных хозяйств в экологически неблагополучных районах Саратовской области. Вместе с этим следует отметить, что само присутствие тяжелых металлов в образцах свежих пищевых продуктов свидетельствовало о наличии постоянного экологического загрязнения контаминантами территорий, используемых для производства сельскохозяйственной продукции вне зависимости от форм хозяйственной деятельности (крупные агрофирмы, или личные подсобные хозяйства).

Исследованиями установлено, что средние концентрации Hg на уровне медианных значений во всей фермерской и продукции личных подсобных хозяйств (хлебе, мясе, молоке, картофеле и других овощах), выращенной и отобранной в Балаковском, Марксовском, Саратовском и Энгельсском районах, была в 2–8 раз выше чем в остальных экологически неблагополучных районах Саратовской области (p<0,001), однако не превышала допустимых уровней, установленных для изучаемых продуктов на территории Российской Федерации (табл. 1). Средние концентрации содержания Hg в продукции четырех указанных районов, вне зависимости от формы хозяйственной собственности, и определяемые на уровне 90-го процентиля, были максимально приближены к ПДУ и составляли для хлеба — 0,229–0,299 мг/кг, мяса — 0,188–0,401 мг/кг, молока — 0,076–0,099 мг/кг, картофеля — 0,165–0,271 мг/кг, овощей — 0,134–0,284 мг/кг. Следует отметить, что показатели содержания тяжелых металлов в хлебной продукции личных подсобных хозяйств были аналогичными представленным в табл. 1–4 по их содержанию в хлебе, выращенному из зерна фермерских хозяйств, т. к. в личных подсобных хозяйствах зерновое производство отсутствовало. Напротив, отсутствие воспроизводства крупного рогатого скота и молока фермерскими хозяйствами Перелюбского района, культивирующимися на производстве баранины, не означало, что население, работающее в личных подсобных хозяйствах данного района, не получало молоко и молочные продукты от местных коров.

Показатели сравнительного анализа содержания средних медианных концентраций Cd в различной местной продукции, полученной из 9 различных экологически неблагополучных районах области были одинаковыми как у фермеров, так и в личных хозяйствах и широко варьировали, оставаясь при этом в 20–200 раз ниже допустимых уровней контаминанта, установленного в РФ для каждого вида исследуемых пищевых продуктов (табл. 2). Вместе с тем медианная концентрация содержании Cd в мясе фермерско-

Таблица 1

Сравнительное содержание свинца, мг/кг (медиана и 90-й процентиль), в местных продуктах питания, произведенных фермерскими хозяйствами экологически неблагополучных районов Саратовской области

Район области	Содержание свинца в местных продуктах питания, произведенных фермерскими хозяйствами									
	хлеб ПДУ — 0,3		мясо ПДУ — 0,5		молоко ПДУ — 0,1		картофель ПДУ — 0,5		овощи ПДУ — 0,5	
	Me	90%	Me	90%	Me	90%	Me	90%	Me	90%
Балаковский	**0,143***	0,280	**0,122***	0,398	**0,071***	0,099	**0,091***	0,271	**0,083***	0,284
Дергачевский	0,034	0,122	0,032	0,167	0,017	0,085	0,024	0,123	0,022	0,111
Ершовский	0,028	0,117	0,030	0,135	0,034	0,086	0,029	0,119	0,029	0,123
Марксовский	**0,114***	0,229	**0,110 ***	0,401	**0,048***	0,098	**0,053***	0,144	**0,047***	0,134
Перелюбский	0,074	0,186	0,06	0,186	НД		0,018	0,130	0,022	0,110
Романовский	0,023	0,087	0,045	0,134	0,019	0,079	0,013	0,111	0,011	0,122
Саратовский	**0,150***	0,298	**0,084***	0,188	**0,067***	0,099	**0,069***	0,201	**0,067***	0,198
Федоровский	0,017	0,112	0,053	0,176	0,017	0,088	0,017	0,088	0,015	0,074
Энгельсский	**0,110***	0,244	**0,114***	0,302	**0,052***	0,076	**0,055***	0,165	**0,045***	0,157

Примечание: ПДУ — предельно допустимый уровень; Me — медиана; 90% — 90-й доверительный интервал (процентиль); * — медианы содержания свинца в фермерском продукте при наличии статистически значимой разницы с учетом района производства; НД (нет данных) — отсутствие производства в районе коровьего молока в фермерских хозяйствах (культивируется производство баранины).

Таблица 2

Сравнительное содержание кадмия, мг/кг (медиана и 90-й процентиль), в местных продуктах питания, произведенных фермерскими хозяйствами экологически неблагополучных районов Саратовской области

Район области	Содержание кадмия в местных продуктах питания, произведенных фермерскими хозяйствами									
	хлеб ПДУ — 0,05		мясо ПДУ — 0,05		молоко ПДУ — 0,03		картофель ПДУ — 0,03		овощи ПДУ — 0,03	
	Me	90%	Me	90%	Me	90%	Me	90%	Me	90%
Балаковский	0,0017	0,0054	0,00017	0,00064	0,00018	0,00067	0,00018	0,00076	0,00018	0,00074
Дергачевский	0,0016	0,0040	0,00015	0,00060	0,0015	0,0072	0,00015	0,00078	0,00016	0,00067
Ершовский	0,0012	0,0036	0,00016	0,00063	0,0024	0,0083	0,00016	0,00066	0,00017	0,00068

Окончание табл. 2

Район области	Содержание кадмия в местных продуктах питания, произведенных фермерскими хозяйствами									
	хлеб ПДУ — 0,05		мясо ПДУ — 0,05		молоко ПДУ — 0,03		картофель ПДУ — 0,03		овощи ПДУ — 0,03	
	Me	90%	Me	90%	Me	90%	Me	90%	Me	90%
Марксовский	0,0015	0,0060	0,00015	0,00065	0,00016	0,00072	0,00015	0,00040	0,00015	0,00062
Перелюбский		0,0054			НД	НД		0,00035	0,00014	0,00032
Романовский	0,0009	0,0027	0,00016	0,00054	0,00016	0,00067	0,00017	0,00055	0,00017	0,00066
Саратовский	0,0011	0,0033	0,00017	0,00065	0,00017	0,00049	0,00016	0,00056	0,00016	0,00055
Федоровский			**0,0155***	0,0486	0,0015	0,0065	0,00017	0,00070	0,00017	0,00067
Энгельсский	0,0015	0,0047	0,0015	0,0071	0,0015	0,0077	0,00015	0,00065	0,00015	0,00055

Примечание: ПДУ — предельно допустимый уровень; Me — медиана; 90% — 90-й доверительный интервал (процентиль); * — медианы содержания кадмия в фермерском продукте при наличии статистически значимой разницы с учетом района производства; НД (нет данных) — отсутствие производства в районе коровьего молока в фермерских хозяйствах (культивируется производство баранины).

Таблица 3

Сравнительное содержание ртути, мг/кг (медиана и 90-й процентиль), в местных продуктах питания, произведенных фермерскими хозяйствами экологически неблагополучных районов Саратовской области

Район области	Содержание ртути в местных продуктах питания, произведенных фермерскими хозяйствами									
	хлеб ПДУ — 0,01		мясо ПДУ — 0,03		молоко ПДУ — 0,005		картофель ПДУ — 0,02		овощи ПДУ — 0,02	
	Me	90%	Me	90%	Me	90%	Me	90%	Me	90%
Балаковский	0,001	0,008	0,0011	0,019	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	0,003
Дергачевский		0,007		0,018						
Ершовский				0,023						
Марксовский		0,008		0,021						
Перелюбский				0,018	НД	НД				
Романовский	0,002	0,009		0,017	0,001	0,003				
Саратовский	0,001	0,008	0,0045	0,019						
Федоровский	**0,010***	0,015	**0,0100***	0,029		0,004		0,004		0,004
Энгельсский										

Примечание: ПДУ — предельно допустимый уровень; Me — медиана; 90% — 90-й доверительный интервал (процентиль); * — медианы содержания ртути в фермерском продукте при наличии статистически значимой разницы с учетом района производства; НД (нет данных) — отсутствие производства в районе коровьего молока в фермерских хозяйствах (культивируется производство баранины).

го, составлявшая 0,0155 мг/кг, и личного подсобных хозяйств, составлявшая 0,0148 мг/кг, Федоровского района была в 100 раз выше средних медиан данного контаминанта в говядине, полученной в других районах области, но в 3 раза меньше установленного ПДУ (0,05 мг/кг). Верхняя граница содержания Cd в мясе из Федоровского района на уровне 90-го процентиля вне зависимости от формы предпринимательства была одинакова, составляла 0,049 мг/кг и почти соответствовала границе допустимого уровня содержания тяжелого металла в мясе.

Медианные значения концентраций Hg в мясе из Федоровского и Энгельсского районов Саратовской области фермерских и частных хозяйств были в 3 раза меньше допустимого уровня, а в хлебе — на уровне ПДУ (табл. 3). При этом концентрация Hg на уровне 90-го процентиля в мясе была на границе ПДУ (0,029 мг/кг), а в хлебе превышала ПДУ (0,01 мг/кг), составляя 0,015 мг/кг. В остальных экологически неблагополучных районах области во всей исследуемой продукции фермерских и частных хозяйств медианные концентрации Hg были значимо ниже, чем в Федоровском и Энгельсском районах (p<0,001) и в 5–30 раз ниже допустимых величин.

Высокие медианные концентрации содержания As, составляющие 36–56% от ПДУ содержания металла в мясе и 53–58% допустимого уровня в хлебе были выявлены в Балаковском, Марксовском, Федоровском и Энгельсском районах области. Концентрации As на уровне 90-го процентиля в хлебе и мясе из данных районов были на границе допустимого уровня (0,1 мг/кг), составляя 0,093–0,098 мг/кг. Медианные концентрации As в остальных экологически неблагополучных районах области во всей исследуемой продукции фермерских и частных хозяйств были значимо ниже, чем в Федоровском, Энгельсском, Балаковском и Марксовском районах (p<0,001) и в 10–50 раз ниже допустимых величин (табл. 4).

Обсуждение. Гигиеническая оценка изучения содержания в местных пищевых продуктах четырех тяжелых металлов (Pb, As, Hg и Cd) объяснялась действующими в настоящее время в Российской Федерации санитарными нормативами, распространяющимися на конкретное нахождение данных металлов в пище [7, 8].

Проведенными нами исследованиями, направленными на выявление остаточных количеств тяжелых металлов в исследуемых образцах местных пищевых продуктов, было установлено, что средин-

Таблица 4

Сравнительное содержание мышьяка, мг/кг (медиана и 90-й процентиль), в местных продуктах питания, произведенных фермерскими хозяйствами экологически неблагополучных районов Саратовской области

Район области	Содержание мышьяка в местных продуктах питания, произведенных фермерскими хозяйствами									
	хлеб ПДУ — 0,1		мясо ПДУ — 0,1		молоко ПДУ — 0,05		картофель ПДУ — 0,2		овощи ПДУ — 0,2	
	Me	90%	Me	90%	Me	90%	Me	90%	Me	90%
Балаковский	**0,0580***	0,0970	**0,0375***	0,0987	0,0050	0,0094	0,0050	0,0095	0,0050	0,0098
Дергачевский	0,0050	0,0087	0,0050	0,0098		0,0089		0,0088		0,0086
Ершовский	0,0020	0,0078		0,0097		0,0095		0,0097		0,0097
Марксовский	**0,0550***	0,096	**0,0560***	0,0905		0,0088		0,0089		0,0095
Перелюбский		0,0082		0,0098	НД			0,0096		0,0088
Романовский	0,0020	0,0080	0,0050	0,0089	0,0050	0,0097		0,0097		0,0098
Саратовский		0,0089		0,0095		0,0089		0,0095		0,0097
Федоровский	**0,0530***	0,0960	**0,0360***	0,0934		0,0096		0,0088		0,0089
Энгельсский	**0,0560***	0,0970	**0,0450***	0,0987		0,0086		0,0095		0,0097

Примечание: ПДУ — предельно допустимый уровень; Me — медиана; 90% — 90-й доверительный интервал (процентиль); * — медианы содержания мышьяка в фермерском продукте при наличии статистически значимой разницы с учетом района производства; НД (нет данных) — отсутствие производства в районе коровьего молока в фермерских хозяйствах (культивируется производство баранины).

Таблица 5

Комбинации содержания тяжелых металлов в местных продуктах питания в максимальных медианных концентрациях при наличии статистически значимой разницы между экологически неблагополучными районами производства Саратовской области

Экологически неблагополучные районы области, содержащие максимальные медианные концентрации тяжелых металлов	Комбинации содержание тяжелых металлов в местных продуктах питания в максимальных медианных концентрациях				
	хлеб	мясо	молоко	картофель	овощи
Балаковский	Pb, As		Pb		
Марксовский					
Саратовский	Pb				
Федоровский	Pb, Hg	Pb, As, Cd			
Энгельсский	Pb, As, Hg				

Примечание: Pb — свинец, As — мышьяк, Hg — ртуть, Cd — кадмий.

ные медианы концентраций содержания контаминантов не превышали допустимых величин, однако значения концентраций поллютантов на уровне 90-го процентиля в продукции ряда обследуемых районов, фактически соответствовали ПДУ и даже его превышали. Установленные концентрации металлов в местных продуктах питания свидетельствовали о наличии загрязнения токсичными соединениями как самой окружающей среды, так и используемых сельскохозяйственных угодий.

Аналогичные результаты, связанные с контаминацией тяжелыми металлами местных продуктах питания, были выявлены исследователями, изучавшими последствия производственной деятельности медно-никелевого комбината, расположенного в Печенгском районе Мурманской области [6].

Неравномерное распределение содержания тяжелых металлов в местной продукции экологически неблагоприятных районов Саратовской области напрямую было связано с количественным содержанием данных загрязнителей в региональных объектах окружающей среды, и прежде всего в почве [2].

Нами выявлено, что наибольшую опасность в отношении загрязнения местных продуктов питания тяжелыми металлами представляли пять районов области: Энгельсский, Федоровский, Балаковский, Марксовский и Саратовский (табл. 5). В данных районах медианное содержание концентраций Pb в местных продуктах питания, вне зависимости от формы ведения хозяйственной деятельности, определялось в максимальных статистически значимых количествах в сравнении с другими экологически неблагополучными районами области. В четырех районах области: Балаковском, Марксовском, Энгельсском и Федоровском, наряду с Pb в местных продуктах питания (хлебе и мясе) в максимальных медианных концентрациях в сравнении с другими районами, обнаруживался As, а в Энгельсском и Федоровском районах в тех же продуктах дополнительно в максимальных медианных концентрациях выявлялась Hg; Cd в максимальных медианных концентрациях был обнаружен только в мясе, производимом фермерскими и личными подсобными хозяйствами Федоровского района. При этом в хлебе фермерских хозяйств данного района высоких медианных концентраций Pb выявлено не было. В Саратовском районе области, напротив, во всех местных продуктах в максимальных медианных концентрациях обнаруживался только Pb, а концентрации остальных тяжелых металлов (As, Hg и Cd) были значительно меньшими (табл. 5).

Высокое содержание Pb в медианных концентрациях и концентрациях на уровне 90-го процентиля

в местных продуктах питания независимо от формы собственности, производимых в Энгельсском, Балаковском, Марксовском и Саратовском районах, можно объяснить тем, что указанные районные центры являются крупнейшими агропромышленными районами области, с населением более 500 тыс. человек, использующие в личных и производственных целях почти 250 тыс. единиц транспорта. Данные районы соединены с областным центром крупными, средними и мелкими разветвленными автомобильными трассами, являющимися постоянными накопителями автотранспортных выбросов, содержащих Pb, аккумуляция которого происходит в почве, воде, воздухе, с последующим осаждением на фермерских полях и частных подсобных участках.

Актуальность присутствие As, в хлебе и мясе в значительных медианных концентрациях, а также в концентрациях на уровне 90-го процентиля Энгельсского, Балаковского, Марксовского и Федоровского района области на наш взгляд объясняется рядом причин. Прежде всего, длительной работой в поселке Горном предприятия по уничтожению химического оружия (УХО). В общей сложности на котором было уничтожено более 500 тонн химического оружия, прежде всего люизита и адамсита, созданных на основе As. Затем в 2011 г. на объект в пос. Горный, содержащий 1 тыс. тонн жидких реакционных масс, на переработку из Камбарки (Удмуртия) поступило еще 10,7 тыс. тонн сухих солей реакционных масс арсенида. При этом если за год в мире в обороте находится 18 тыс. тонн оксида мышьяка, то Россия потребляет всего 2,5 тыс. тонн. Сегодня Федеральное казенное предприятие по уничтожению химического оружия «Горный» располагает базой более 10 тыс. тонн арсенида галлия (стоимость 1 кг металлического мышьяка составляет около 2 тыс. долларов), который может использоваться в микроэлектронике, производстве фотоэлементов, солнечных батарей. Однако в связи с отсутствием дефицита в России природных ресурсов источников As его выделение из вторичного сырья практически не производится, хотя в США используют регенерации малых количеств «чистого мышьяка» при рециклинге арсенида галлия [9].

Накопление As в почве сельскохозяйственных районов могло быть связано с ранее интенсивным использованием на полях, запрещенных сегодня мышьяксодержащих ядохимикатов, в том числе для проведения дезинсекции и дератизации (инсектициды и фунгициды на основе арсенатов кальция и натрия).

Присутствие As в объектах среды можно объяснить также наличием на территории Энгельсского района военной части 06987 с базированием стратегических бомбардировщиков ТУ-160 и мастерских военной электронной промышленности, а на территории Балаковского района — металлургического комбината, использующих соединения мышьяка при получении антикоррозийных сплавов.

Наконец, нельзя исключать выхода из подземных слоев As, в результате частого бурения скважин глубиной более 150 м, особенно на землях Марксовского района, удаленных от централизованной системы водоснабжения, с целью дальнейшего перспективного использования в виде питьевых скважин. Однако добываемая межпластовая высокоминерализованная вода часто несет в своем составе и мышьяк, который в дальнейшем попадает в другие водоемы и почву. Проблемы, связанные с подъемом As при бурении скважин с последующим загрязнением металлом природной среды и опасности для здоровья населения, описаны на примере использования воды Бангладешских колодцев [10].

Наличие высоких медианных концентраций Hg как на полях фермерских, так и личных подсобных хозяйств Энгельсского и Федоровского районов можно объяснить присутствием антропогенных источников поступления, связанных с повторной мобилизацией исторических антропогенных выбросов, отложившихся в почвах, водных объектах, мусорных свалках. Так, на территории Федоровского района, с одной стороны, для хранения зерна до сих пор повсеместно используют разрешенный ртутьсодержащий инсектофунгицид гранозан, основным действующим началом которого является этилмеркурхлорид, с другой стороны, обширные участки в районе занимают нелегальные мусорные свалки и полигоны захоронения твердых бытовых отходов, с повсеместным наличием ртутных ламп, что не может не сказаться на загрязнении почвы и водоемов тяжелым металлом.

Значительное место среди отходов при добыче, переработке нефти и газа занимают выбросы, содержащие шлаконакопители тяжелых металлов, в том числе Hg. Подобные работы на территории Энгельсского района Саратовской области ведутся уже на протяжении более 70 лет и продолжаются сегодня компанией ОАО «Саратовнефтегаз». Более того, на территории этого района имеется большой накопитель шлама гальванических отходов, содержащих соединения Hg производства и переработки электронного оборудования батарей транспортных средств ОАО «9 центральный автомобильный ремонтный завод» Минобороны России.

Происхождения загрязнения высокими медианными концентрациями Cd мяса, производимого в Федоровском районе как фермерскими, так и частными хозяйствами, связано с использованием кормовых белоксодержащих растений (клевера, люцерны, рапса, сои), удобряемых дешевыми фосфатными удобрениями и в дальнейшем идущих на корм скоту. Насыщенные Cd фосфаты провоцируют способность поглощать этот элемент из почвы, накапливаться в кормах, а затем и в мясе животных [11].

К наиболее уязвимым продуктам питания по комплексному загрязнению тяжелыми металлами были отнесены хлеб и мясо. Полученный результат объясняется избирательным отношением изучаемых тяжелых металлов к способности аккумулировать данными видами продовольственного сырья: растительного — зерно — хлеб и животного происхождения — мясо. Аналогичные результаты были получены ранее в результате экологической оценки содержания тяжелых металлов в продуктах питания Томской области, когда именно в мясной продукции было выявлено максимальное количество кадмия, а свинца — как в продукции растительного, так и животного происхождения [12].

Выводы:

1. Сельскохозяйственные продукты, полученные в условиях воспроизводства на землях фермерских и личных подсобных хозяйств, расположенных в экологически неблагополучных районах Саратовской области, составляют значительную долю в рационе питания местного населения.

2. Медианные концентрации содержания тяжелых металлов в образцах пищевых продуктов, выращенных на экологически неблагополучных территориях фермерских и личных подсобных хозяйств и исполь-

зуемых в качестве местной пищи, не имело значимых достоверных различий в отношении их загрязнения данными контаминантами.

3. Содержание тяжелых металлов на уровне 90-го процентиля в исследуемых образцах пищевых продуктов, выращенных в Энгельсском, Федоровском, Саратовском, Балаковском и Марксовском районах на фермерских и личных подсобных хозяйствах, было значимо выше по сравнению с другими экологически неблагополучными районами Саратовской области.

4. Установлено, что наиболее уязвимыми местными продуктами питания при совокупном комплексе загрязнения тяжелыми металлами являлись хлеб и мясо.

5. Присутствие тяжелых металлов в образцах свежих пищевых продуктов свидетельствовало о наличии постоянного экологического загрязнения контаминантами территорий, используемых для производства сельскохозяйственной продукции вне зависимости от форм хозяйственной деятельности (крупные агрофирмы или личные подсобные хозяйства).

Конфликт интересов отсутствует.

References (Литература)

1. Eliseeva YuV, Istomin AV, Eliseev YuYu, Pichugina NN. Problems of ensuring hygienic food safety in the Saratov region. Saratov: Publishing House of the Saratov State Medical University, 2014; 160 p. Russian (Елисеева Ю.В., Истомин А.В., Елисеев Ю.Ю., Пичугина Н.Н. Проблемы обеспечения гигиенической безопасности питания населения в Саратовском регионе. Саратов: Изд-во Сарат. гос. мед. ун-та, 2014; 160 с.)

2. Kleshchina YuV, Eliseev YuYu. Monitoring of contamination of food raw materials and food products with toxic elements. Hygiene and sanitation 2013; (1): 81–2. Russian (Клещина Ю.В., Елисеев Ю.Ю. Мониторинг за контаминацией продовольственного сырья и пищевых продуктов токсичными элементами. Гигиена и санитария 2013; (1): 81–2).

3. Kozhanova OI. Social and hygienic monitoring in the public health management system of the Saratov region: Information and analytical collection of the Office of Rospotrebnadzor in the Saratov region for 2012–2017. Saratov: Publishing House of the Saratov Rospotrebnadzor, 2018; 82 p. Russian (Кожанова О.И. Социально-гигиенический мониторинг в системе управления здоровьем населения Саратовской области: Информационно-аналитический сборник Управления Роспотребнадзора по Саратовской области за 2012–2017 гг. Саратов: Изд-во Сарат. Роспотребнадзора, 2018; 82 с.).

4. Istomin AV, Eliseev YuYu, Eliseeva YuV. Conditionality of risks to children's health by chemical contamination of food products in the region. Public health and habita 2014; (2): 18–21. Russian (Истомин А.В., Елисеев Ю.Ю., Елисеева Ю.В. Обусловленность рисков здоровью детского населения химической контаминацией пищевых продуктов в регионе. Здоровье населения и среда обитания 2014; (2): 18–21).

5. Musaev ShZh, Eliseev YuYu, Lutsevich IN. The problem of public health risk of the processes of concentration of chemical pollution in small rivers of the Saratov region. Hygiene and sanitation 2012; (5): 101–3. Russian (Мусаев Ш. Ж, Елисеев Ю.Ю., Луцевич И.Н. Проблема риска для здоровья населения процессов концентрирования химических загрязнений в малых реках Саратовской области. Гигиена и санитария 2012; (5): 101–3).

6. Dudarev AA, Dushkina EV, Chupahin VS, et al. The content of metals in local food products of the Pechenga district of the Murmansk region. Occupational medicine and industrial ecology 2015; (2): 35–40. Russian (Дударев А.А., Душкина Е.В., Чупахин Ю.Н. и др. Содержание металлов в местных продуктах питания Печенгского района Мурманской области. Медицина труда и промышленная экология 2015; (2): 35–40).

7. SanPiN 2.3.2.1078–01 "Hygienic requirements for safety and nutritional value of food" with amendments and additions 2002–2011. Russian (СанПиН 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» с изменениями и дополнениями 2002–2011 гг.).

8. TR TS 021/2011. Technical Regulation of the Customs Union "On Food Safety" No. 880 of December 9, 2011. Russian (ТР ТС 021/2011. Технический регламент таможенного Союза «О безопасности пищевой продукции» №880 от 9 декабря 2011 г.).

9. Hasanov AA, Naumov AV, Petrov IM. Russia on the world market for arsenic and its compounds. Russia's Mineral Resources. Economy and governance 2016; 1 (2): 90–5. Russian (Гасанов А.А., Наумов А.В., Петров И.М. Россия на мировом рынке мышьяка и его соединений. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление 2016; 1 (2): 90–5).

10. Datta S, Neal AW, et al. Perennial ponds are not an important source of water or dissolved organic matter to groundwaters with high arsenic concentrations in West Bengal, India Geophysical Research Letters 2011; 38 (20): 1–5.

11. Butyrin MV, Husnidinov SK, Sosnitskaya RV, et al. Assessment of the dangers of pollution of the natural environment by heavy metals in the Irkutsk region. Fertility 2017; (6): 45–8. Russian (Бутырин М.В., Хуснидинов Ш.К., Сосницкая Р.В. и др. Оценка опасности загрязнения окружающей природной среды тяжелыми металлами в условиях Иркутской области. Плодородие 2017; (6): 45–8).

12. Gladyshev VP, Mordvinova NM, Kovaleva SV, et al. The content of heavy metals in vegetable crops of the Tomsk region. Hygiene and sanitation 2002; (2): 43–7. Russian (Гладышев В.П., Мордвинова Н.М., Ковалева С.В. и др. Содержание тяжелых металлов в овощных культурах Томской области. Гигиена и санитария 2002; (2): 43–7).