

УДК 502.3

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ**

канд. техн. наук, доц. **А.Ф. МИРОНЧИК**  
(Белорусско-Российский университет, Могилев);

**Д.А. ЛИПСКАЯ**  
(Могилевский государственный университет продовольствия)

*Для сырьевых зон ряда молокоперерабатывающих предприятий Республики Беларусь в динамике определено содержание тяжелых металлов в заготавливаемом молоке. Показано, что степень загрязнения молока зависит не только от степени загрязнения кормов, с которыми в организм коровы попадают вредные вещества, накапливаемые растениями из почвы, воды и воздуха, но и от условий содержания, кормления, периода лактации и т.д., а экологическую чистоту кормов определяют факторы, обуславливающие состояние природной среды данного региона. Несмотря на то, что сырьевые зоны практически всех молокоперерабатывающих предприятий находятся в условиях сложной экологической обстановки, для производства молочных продуктов используется молоко, обеспечивающее их безопасность.*

**Введение.** Составной частью национальной программы защиты окружающей среды является обеспечение безопасности продуктов питания, которые весьма подвержены вредным экологическим воздействиям. Особое внимание уделяется защите молока и молочных продуктов, имеющих, как известно, особое значение в питании всех категорий населения. В последние годы в молоко все больше попадает различных, не свойственных ему компонентов, которые могут приносить или приносят ущерб здоровью человека. В нашей республике также установлены многочисленные факты, свидетельствующие о возрастающем загрязнении молока и молочных продуктов не свойственными им веществами.

Развитие промышленности, транспорт влияют на экологию почвы, воды, воздуха, воздействуют на качество молока и молочные продукты через технологию и сырье, экологическое состояние которого предопределяется чистотой растений, которые животные употребляют как корм, и, конечно, зависит от воды.

В экологической цепочке «почва – корм – корова – молоко – молочные продукты» между каждой из ее составляющих и промышленной обстановкой есть промежуточные звенья. Например, влияние экологического воздействия на корову обусловлено кормами, через которые в организм коровы попадают вредные вещества, накапливаемые растениями из почвы, воды и воздуха, условиями содержания, климатом и т.д., а экологическая чистота кормов зависит от факторов, обуславливающих промышленную экологическую обстановку. Когда говорят об экологическом воздействии на корову условий ее содержания, имеют в виду прежде всего стойловый и пастбищный периоды. При пастбищном содержании корова непосредственно контактирует с природной внешней средой, поэтому экологическое воздействие на нее в этот период оказывает большее влияние, чем при стойловом содержании. Физиология млекопитающих животных обуславливает усваивание многих веществ, попадающих в организм с пищей, водой и воздухом, которые впоследствии, попадая в кровь, переходят в молоко. Именно этим можно объяснить, что молоко коров содержит многие вещества, которые не характерны для него и которые отсутствуют в чистой экологической обстановке. Установлено, что на содержание токсических веществ в молоке влияет период лактации, время года, условия содержания коров. Так, в молоке коров, лактационный период которых протекал с января по сентябрь, меди обнаруживается больше, чем у коров, лактационный период которых приходился на апрель – ноябрь [1]. Это связано с различием кормов, поступающих в рацион животных.

**Постановка задачи.** Количество вредных веществ, поступающих в почву с выбросами промышленных центров, выхлопными газами автотранспорта, вследствие химизации сельского хозяйства, применения в качестве удобрений коммунальных и промышленных отходов, может достигнуть уровня, представляющего опасность для трав и возделываемых культур, а через них – для организма животных и человека. К числу веществ, обладающих высокой токсичностью, относятся тяжелые металлы (ТМ), которые в микроколичествах необходимы для живых организмов, так как активизируют деятельность ферментных систем. Токсический эффект металлов проявляется при попадании их в организм в повышенных количествах. Серьезную опасность представляет также длительное поступление в организм даже невысоких концентраций ТМ, обладающих способностью удерживаться и аккумулироваться в нем. Поэтому проблема загрязнения окружающей среды ТМ привлекает к себе в последние годы повышенное внимание исследователей.

Выборочные исследования цельного молока, проведенные некоторыми исследователями центрами республики в 1993 – 1994 годах, показали, что в ряде хозяйств оно загрязнено тяжелыми металлами. Основными элементами-загрязнителями являются свинец и цинк, в меньшей степени – кадмий и медь. Содержание свинца в молоке в 28,1 % случаев превышало максимально допустимый уровень (МДУ), цинка – в 3,4 %, кадмия – в 1,5 %, меди – в 0,4 % случаев [2]. Поэтому целью нашей работы стало выявление закономерностей перехода ТМ в системе «почва – корм – корова – молоко – молочные продукты».

**Объекты и методы исследований.** В 2001 – 2008 годах были проведены обследования сырьевых зон: ОАО «Глубокский МКК», ОАО «Голочинский маслосырзавод» (Витебская обл.), ОАО «Бабушкина крынка» (г. Могилев), «Савушкин продукт» (г. Брест), ОАО «Слонимский ЗСОМ» (Брестская обл.), ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» (Минская обл.), ОАО «Рогачевский МКК» (Гомельская обл.), включающих отбор почвенных, растительных образцов, молока непосредственно в хозяйствах и при приемке на комбинатах. Пробы отбирали в пастбищный период тростевым буром в соответствии с общепринятыми методами исследований. Глубина отбора проб на пашне под многолетними травами составила 0...20 см, на угодьях с ненарушенным почвенным покровом (естественные сенокосы, иногда пастбища) – 0...5 и 5...20 см. Отдельно отбирали пробы почвы с участков, прилегающих к автомобильным дорогам (в полосе до 50 м от полотна дороги). Растительные пробы отбирали с тех же площадей, что и почвенные (усредненные пробы трав, соответствующие среднему ботаническому составу).

Определение тяжелых металлов в отобранных пробах проведено атомно-абсорбционным методом. Почвы проанализированы на содержание как подвижных форм элементов (в вытяжке 1М HCl), так и валовых количеств после разложения проб смесью концентрированных кислот: (HF, HClO<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub>). В растениях определено общее содержание ТМ после минерализации проб разбавленной (1:1) азотной кислотой [3]. Отбор и анализ проб молока проведен сотрудниками указанных выше предприятий, а также ГУ «БелНИКТИММП» и БелНИЭВ им. С.Н. Вышелесского.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследований показали, что валовое содержание ТМ в почве обследованных хозяйств в большинстве случаев находилось на уровне регионального фона: Pb – в пределах от 0,9 до 10...12 мг/кг; Zn – от 3,5 до 15...20 мг/кг; Cd – от 0,02 до 0,5 мг/кг почвы. Тем не менее на отдельных участках концентрация свинца достигала 17...20 мг/кг, цинка – 70...116 мг/кг, кадмия – до 1,3 мг/кг, что указывало на избыточное их содержание. Подвижные формы металлов в почве более доступны для растений, от их концентрации зависит во многом степень аккумуляции металлов растениями. Результаты анализа почвенных образцов с кормовых угодий сырьевых зон (табл. 1 – 4) показали, что заметное их количество содержат подвижные свинец (в 50 % проб более 6,1 мг/кг) и цинк (в 13 % проб более 5,1 мг/кг) в повышенных величинах. Концентрация подвижного кадмия оставалась в пределах естественного уровня.

Таблица 1

Содержание подвижных форм Pb и Zn в почве кормовых угодий и травах сырьевой зоны ОАО «Бабушкина крынка», мг/кг, 2002 г.

Район	Хозяйство	Свинец				Цинк			
		почва		растения		почва		растения	
		колебания	среднее	колебания	среднее	колебания	среднее	колебания	среднее
Бельничский	к-з «Дружба»	1,6...2,1	1,9	0,32...0,85	0,59	2,1...2,7	2,4	5,3...5,6	5,5
	к-з «Ленинский призыв»	0,9...4,2	2,6	0,37...0,55	0,46	2,3...4,3	3,3	4,4...4,6	4,5
	к-з «Родина»	1,6...2,0	1,8	0,46...0,64	0,55	2,1...4,0	3,1	4,6...6,2	5,4
Шкловский	к-з «1-е Мая»	1,4...2,6	2,2	0,32...0,60	0,44	1,9...6,1	3,4	4,7...5,3	4,9
	к-з им. Калинина	1,8...2,0	1,9	0,23...0,55	0,39	1,3...1,8	1,6	4,9...5,1	5,0
	к-з «Путь коммунизма»	0,9...1,3	1,1	0,21...0,46	0,33	4,6...5,4	5,0	5,2...5,8	5,5

*Примечания:* 1. Содержание тяжелых металлов в почвах дано на воздушно-сухую массу, растений – на естественную влажность.  
2. Максимально допустимый уровень в зеленых кормах для молочных коров (мг/кг): Pb – 0,5; Zn – 10; Cd – 0,1 естественной влажности (разработаны БелНИИЭВ, утверждены НТС МСХП РБ 27.01.1998).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в цепи «почва – растение – молоко», Могилевский район, 2005 г.

Хозяйство	Свинец			Цинк			Кадмий		
	почва, мг/кг	растения, мг/кг	молоко, мг/л	почва, мг/кг	растения, мг/кг	молоко, мг/л	почва, мг/кг	растения, мг/кг	молоко, мг/л
к-з им. Суворова	4,28 3,85...5,19	0,27 0,15...0,37	0,068 0,06...0,08	5,07 2,01...7,84	5,2 3,5...7,4	2,61 2,40...3,08	0,08 0,06...0,08	0,02 0,01...0,02	0,011 0,008...0,01

*Примечания:* 1. В числителе – средние значения, в знаменателе – пределы колебаний.  
2. Для почвы указаны подвижные формы тяжелых металлов.

Таблица 3

Уровни содержания подвижных форм тяжелых металлов  
в почвах кормовых угодий сырьевой зоны ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат», Слуцкий район, 2008 г.

Тип угодья	Содержание металлов почвы, мг/кг			Тип угодья	Содержание металлов почвы, мг/кг		
	Zn	Pb	Cd		Zn	Pb	Cd
Пашня	2,8...7,7	6,6...7,1	0,03...0,11	Пастбище	7,6...19,9	6,9...12,2	0,03...0,07
Сенокос	3,3...12,6	6,8...7,9	0,02...0,07	Выгон	2,8...3,6	6,1...7,0	0,02...0,05

*Примечание.* Глубина отбора проб 0...20 см.

Для оценки качества растений (зеленой массы кукурузы, трав пастбищ и сенокосов) используют МДУ тяжелых металлов в зеленых кормах для сельскохозяйственных животных, разработанные сотрудниками БелНИИЭВ им. Вышелесского, согласно которым в зеленых кормах они равны:

- для молочных коров: Pb – 0,5 мг/кг, Zn – 10 мг/кг, Cd – 0,1 мг/кг;
- для откормочного крупного рогатого скота: Pb – 1,0 мг/кг, Zn – 10 мг/кг, Cd – 0,1 мг/кг.

Сравнительный анализ фактически полученных данных содержания тяжелых металлов в кукурузе и травостое сенокосов и пастбищ (табл. 4) с нормативными величинами показал, что в большинстве проб их превышения не наблюдалось. Концентрация металлов в основном была в пределах 20...48 % от МДУ, в единичных случаях в пробах зеленых кормов содержание свинца и цинка достигало критических значений. Необходимо отметить, что, несмотря на относительно небольшие количества тяжелых металлов в травах, в частности Pb, его содержание в некоторых пробах молока крупнорогатого скота (КРС), взятых непосредственно в хозяйствах, превышало допустимый уровень. Это можно объяснить тем, что помимо зеленых кормов ТМ поступают в организм сельскохозяйственных животных и с другими источниками питания (вода, комбикорма, мука).

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в кормовых культурах сырьевой зоны ОАО «Слонимский ЗСОМ», Слонимский район, естественной влажности, 2007 г.

Культура	Содержание металлов почвы, мг/кг			Культура	Содержание металлов почвы, мг/кг		
	Zn	Pb	Cd		Zn	Pb	Cd
Злаковые	4,6...8,0	0,09...0,17	0,05...0,07	Клевер	2,9...3,5	0,08...0,13	0,04...0,06
Кукуруза	2,5...3,6	0,06...0,10	0,04...0,05	Тимофеевка	4,5...8,1	0,04...0,10	0,05...0,06

В результате проведенных исследований установлено, что концентрация подвижных форм свинца и цинка в почвах кормовых угодий некоторых хозяйств сырьевых зон ОАО «Бабушкина крынка», «Савушкин продукт», ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» и ОАО «Рогачевский МКК» была выше фоновых, что позволяет отнести их к категории почв с повышенным содержанием этих металлов. Концентрация кадмия во всех случаях оставалась на уровне регионального фона. Содержание ТМ в травостое кормовых угодий и зеленой массе кукурузы в большинстве случаев не превышало МДУ, однако в ряде растительных проб из хозяйств сырьевых зон «Савушкин продукт», ОАО «Слонимский ЗСОМ» и ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» содержание свинца превышало допустимую норму (0,5 мг/кг) в 1,3...3,2 раза. Между содержанием подвижных форм металлов в почве и растениях установлена тесная прямая корреляционная зависимость: для свинца  $r = 0,459...0,518$ , для цинка  $r = 0,516...0,594$ , для кадмия  $r = 0,377...0,684$ .

Для ряда хозяйств белорусского Полесья, являющихся поставщиками молока для молокоперерабатывающих предприятий Гомельской и Брестской областей, характерны наиболее распространенные в этом регионе дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава, с низким содержанием гумуса и кислой реакцией почвенного раствора. Они обладают слабой сорбционной способностью по отношению к тяжелым металлам [4]. Обедненность почв по микроэлементному составу в естественных условиях часто приводит к несбалансированности производимых на них кормов. С другой стороны, при загрязнении дерново-подзолистых почв тяжелыми металлами (Zn, Cu, Mn, Pb) наблюдается повышенная их мобильность в трофических цепях КРС и накопление в животноводческой продукции [3].

В результате проведенных исследований установлено, что содержание подвижных форм меди, цинка, меди, свинца, марганца в почвах обследованных кормовых угодий составляет для улучшенных пастбищ и сенокосов в среднем следующие величины: Zn  $3,6 \pm 0,4$  мг/кг, Cu –  $2,85 \pm 0,3$  мг/кг, Pb –  $4,11 \pm 0,17$  мг/кг, Mn –  $113,2 \pm 12$  мг/кг. Несколько ниже содержание подвижных форм анализируемых металлов зафиксировано для почв пахотных угодий: Zn –  $3,10 \pm 0,27$  мг/кг, Cu –  $2,32 \pm 0,24$  мг/кг, Mn –  $90,45 \pm 13,7$  мг/кг,

Pb –  $3,46 \pm 0,23$  мг/кг. В целом согласно градации степени загрязнения дерново-подзолистых почв тяжелыми металлами содержание анализируемых элементов в почвах обследованных угодий характеризуется как повышенное по сравнению с фоновыми уровнями, хотя случаев превышения предельно допустимой концентраций (ПДК), принятых для дерново-подзолистых почв, не отмечено (табл. 5).

Таблица 5

Предельно допустимые концентрации токсичных элементов в молоке заготавливаемом и молочных продуктах

Токсичные элементы	Предельно допустимая концентрация, мг/кг				
	в молоке заготавливаемом	в сыре твердом сычужном	в масле животном	в твороге	в сметане, кефире
Медь	1,0	10,0	0,5	5,0	1,0
Цинк	5,0	50,0	5,0	40,0	5,0
Свинец	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
Кадмий	0,003	0,2	0,03	0,1	0,03
Ртуть	0,005	0,03	0,03	0,02	0,005
Мышьяк	0,05	0,3	0,1	0,2	0,05

Анализ содержания тяжелых металлов в кормах выявил значительную вариабельность показателей, зависящую прежде всего от вида корма и технологии его производства. Так, в летне-пастбищный период накопление ТМ в пастбищной растительности определяется главным образом ботаническим составом травостоя. Различия в накоплении металлов отдельными его компонентами могут составлять 2 раза. Содержание ТМ в грубых и сочных кормах, используемых в течение зимне-стойлового периода, определяется видом и качеством сырья, а также массовой долей сухого вещества. Наиболее обогащены ими корма с низким содержанием влаги (сено, сенаж, солома). На основании сопряженных данных по содержанию тяжелых металлов в почвах и кормах рассчитаны коэффициенты накопления (КН) свинца, меди, цинка, марганца в основных видах кормов, производимых в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв белорусского Полесья (табл. 6 [5]).

Таблица 6

Величины коэффициентов накопления тяжелых металлов в основных видах кормов, производимых в хозяйствах юго-западных районов Гомельской области

Вид корма	Коэффициент накопления «почва – корм»			
	цинк	медь	марганец	свинец
Злаково-бобовая травосмесь, зеленая масса	$1,64 \pm 0,16$	$0,21 \pm 0,11$	$0,22 \pm 0,04$	$0,12 \pm 0,03$
Многолетние злаки, зеленая масса	$0,99 \pm 0,14$	$0,57 \pm 0,09$	$0,15 \pm 0,04$	$0,11 \pm 0,01$
Клевер, зеленая масса	$0,93 \pm 0,17$	$0,29 \pm 0,10$	$0,06 \pm 0,01$	$0,13 \pm 0,03$
Сено многолетних трав	$6,07 \pm 0,76$	$1,57 \pm 0,35$	$0,43 \pm 0,13$	$0,20 \pm 0,03$
Сенаж злаково-бобовый	$1,75 \pm 0,49$	$0,81 \pm 0,33$	$0,30 \pm 0,14$	$0,14 \pm 0,03$
Силос кукурузный	$0,78 \pm 0,06$	$0,25 \pm 0,08$	$0,06 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$
Солома ячменная	$1,78 \pm 0,35$	$0,75 \pm 0,15$	$0,23 \pm 0,09$	$0,13 \pm 0,02$
Свекла кормовая	$0,36 \pm 0,07$	$0,24 \pm 0,09$	$0,07 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,01$
Концентраты	$2,17 \pm 0,42$	$0,71 \pm 0,22$	$0,23 \pm 0,07$	$0,30 \pm 0,01$

В пробах молока сырьевой зоны ОАО «Рогачевский МКК» тяжелые металлы регистрировались на протяжении всего периода наблюдения, за исключением 2005 года (табл. 7).

Таблица 7

Динамика содержания тяжелых металлов в молоке сырьевой зоны ОАО «Рогачевский МКК»

Год	Медь, мг/кг	Цинк, мг/кг	Свинец, мг/кг	Кадмий, мг/кг
2001	0,01...0,20	0,90...3,70	0,01...0,04	0,007...0,009
2002	0,02...0,23	1,11...2,94	0,01...0,03	0,005...0,010
2003	0,01...0,19	1,27...3,22	0,01...0,03	0,004...0,009
2004	0,01...0,20	1,41...2,80	0,01...0,04	0,003...0,006
2005	–	–	< 0,01	–
2007	0,01...0,13	0,48...1,97	0,01...0,03	0,003...0,005
2008	0,01...0,16	0,39...2,09	0,01...0,05	0,004...0,007

Необходимо отметить, что свинец фиксируется, как правило, в пробах молока, заготавливаемого в I и II кварталах, что связано с преобладанием в рационе животных в этот период сухих и концентрированных кормов; в 2002 году свинец был обнаружен в 21 % исследуемых проб, в 2004 – в 11 %, в 2005 – в 2 %, в 2008 – в 4 % проб, причем во всех образцах регистрируемое содержание свинца в 2,5...10 раз ниже ПДК. В июне 2004 года, учитывая международный опыт нормирования санитарно-химических показателей, результаты мониторинга содержания ТМ в заготавливаемом молоке, а также с целью гармонизации показателей безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов с законодательством Российской Федерации в СанПиН 11 63 РБ 98 было исключено регламентирование содержания цинка и меди. Тем не менее для полноты результатов исследований содержание этих металлов было определено до 2008 года включительно. Содержание меди в отобранных образцах молока колебалось в пределах 0,01...0,20 мг/кг, что значительно ниже ПДК. По содержанию цинка только образцы сырья нескольких хозяйств приближались к ПДК (РСУП совхоз «Дворец» – 4,80 мг/кг; СПК «Красная Армия» (ферма «Репки») – 4,90 мг/кг; ЧСУП «Рогачевагрохимсервис» – 4,80 мг/кг). Причиной этого могут быть либо локальное загрязнение местности, либо несоблюдение условий доения (в частности, использование оцинкованной посуды). В среднем же в образцах молока заготавливаемого содержание цинка не превышает 60 % ПДК. Во всех исследуемых образцах молока содержание ртути и мышьяка было ниже предела обнаружения метода.

Представляют интерес результаты содержания тяжелых металлов в молоке заготавливаемом, получаемом на молочно-товарных фермах Слонимского района. Свинец регистрировался в пробах молока-сырья на протяжении всего периода наблюдений (табл. 8).

Таблица 8

Динамика содержания тяжелых металлов в молоке, производимом некоторыми хозяйствами Слонимского района

Наименование хозяйства	2001 г.				2002 г.				2003 г.			
	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.
Медь												
1	–	0,02	–	0,06	–	0,03	0,003	–	–	–	0,09	0,07
2	–	–	–	0,08	0,05	0,02	0,02	0,03	–	0,09	0,09	0,09
Цинк												
1	–	1,09	–	0,06	2,33	–	–	0,04	–	2,99	–	1,00
2	–	1,03	–	1,776	–	0,552	0,255	–	–	–	0,899	–
Свинец												
1	0,02	–	–	0,007	–	0,077	0,007	0,05	–	–	–	–
2	–	–	–	–	–	–	0,07	0,032	–	–	–	0,09
Кадмий												
1	–	–	0,002	–	–	0,006	–	–	0,008	–	–	–
2	–	–	–	0,0009	–	–	–	0,0037	–	–	–	–

Примечание: 1 – СПК «Деревновский»; 2 – АТФ «Щара».

Установлено, что присутствие свинца фиксируется в основном в пробах молока, заготавливаемого в I – II кварталах. Следует отметить, что, например, в 2001 году свинец был обнаружен в 18 % исследованных проб, в 2003 – в 9 %, в 2005 – в 4 %, в 2008 – в 3 % проб. Во всех образцах регистрируемое содержание свинца в 2,5...10 раз ниже ПДК. Отмечена динамика поступления более чистого по содержанию данного элемента молока в период 2001 – 2008 годов. Содержание меди в отобранных образцах молока колебалось в пределах 0,02...0,2 мг/кг, что значительно ниже ПДК. Наибольшее содержание цинка наблюдалось в образцах сырья хозяйств ДП «Слонимская СХТ» – 4,023 мг/кг; СПК «Драпово» – 3,3 мг/кг; СПК «Деревновский» – 2,99 мг/кг; СПК «Дружба-Агро» – 2,087 мг/кг; РУСП «Сосновка» – 1,899 мг/кг. Количество кадмия, регистрируемое в отобранных пробах, незначительно и в 15...34 раза ниже ПДК. Основным источником поступления кадмия в почву – внесение его вместе с фосфорными удобрениями. В наблюдаемый период ртуть и мышьяк не были обнаружены ни в одном из исследуемых образцов.

Для сырьевой зоны ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» в процессе наблюдений определены колебания содержания свинца в молоке заготавливаемом от 0,005 мг/кг в I квартале 2004 года до 0,054 мг/кг в III квартале 2005 года, что в 2...20 раз ниже ПДК, причем установлено, что количество свинца увеличивалось в пастбищный период (рис. 1, а). Основным источником загрязнения почвы, растений и пищевых продуктов соединениями свинца являются: сгорание бензина, содержащего до сравнительно недавнего времени добавки тетраэтилсвинца; отходы плавильных и обогащающих предприятий; аккумуляторы; пестициды; свинцовые краски и др. Кроме того, следует учитывать, что свинец попадает в молоко не только с загрязненными кормами, содержащими данный элемент, но и непосредственно из воздуха.

В III кварталах 2004 и 2005 годов зафиксировано максимальное содержание меди в молоке заготавливаемом (0,31 мг/кг), а минимальное – в IV квартале 2003 года (0,003 мг/кг, до 31 % от ПДК). Концентрация этого металла в молоке значительно увеличивалась в пастбищный период (рис. 1, б).

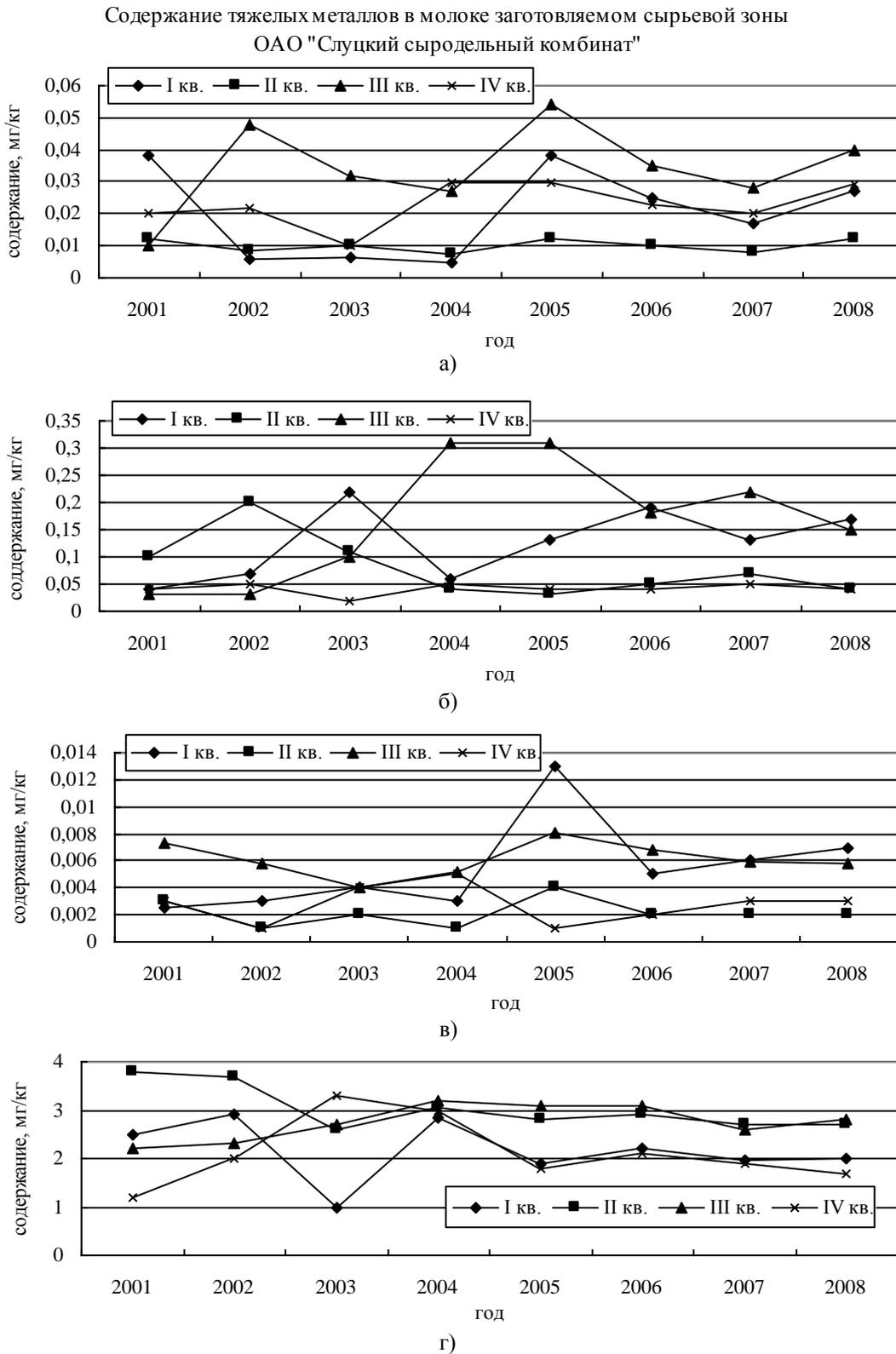


Рис. 1. Динамика содержания тяжелых металлов в молоке:  
а – свинец; б – медь; в – кадмий; г – цинк

Наибольшее содержание кадмия (рис. 1, в) отмечалось в I квартале 2005 года (0,013 мг/кг), наименьшее – во II квартале 2002 – 2004 годов (0,001 мг/кг). В целом в течение всего исследуемого периода содержание кадмия оставалось практически на одном уровне и только в I квартале 2005 года зафиксирован скачок, который объясняется использованием кормов, содержащих повышенное количество кадмия. Максимальное значение содержания кадмия в молоке не превышало 43 % ПДК. Источниками загрязнения почвы, а соответственно и молока, кадмием могут быть выбросы от сжигания топлива на ТЭЦ, отходы гальванических цехов, минеральные фосфорсодержащие удобрения (суперфосфат, фосфат калия и др.).

Максимальное содержание цинка в молоке заготавливаемом (рис. 1, г) отмечалось во II квартале 2001 – 2002 годов (3,7...3,8 мг/кг), а минимальное – в I квартале 2003 года (1 мг/кг). В среднем же содержание цинка в исследованных образцах молока заготавливаемого не превышало 76 % от ПДК. Во всех исследуемых пробах молока не обнаружено ни мышьяка, ни ртути.

Для ОАО «Толочинский МСЗ» установлено, что в исходном сырье, поступающем из хозяйств исследуемой сырьевой зоны, из тяжелых металлов обнаружены только медь, цинк и свинец (табл. 9).

Таблица 9

Содержание токсичных металлов в молоке заготавливаемом сырьевой зоны ОАО «Толочинский МСЗ»

Наименование элемента	1998 г.		1999 г.		2000 г.		2001 г.		2002 г.				2003 г.				
	квартал		квартал		квартал		квартал		квартал				квартал				
	II	IV	II	IV	I	IV	II	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Медь	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,66	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Цинк	4,66	3,98	2,30	1,94	2,14	1,16	3,14	2,06	2,58	1,52	2,40	1,95	1,89	2,56	1,89	1,22	
Свинец	< 0,02	< 0,02	0,02	0,02	0,02	< 0,02	0,52	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,03	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	

Окончание таблицы 9

Наименование элемента	2004 г.				2005 г.				2006 г.				2007 г.				2008 г.		
	квартал				квартал				квартал				квартал				квартал		
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III
Медь	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Цинк	2,30	1,52	1,68	1,73	1,79	1,53	2,03	1,76	2,01	1,99	2,32	2,08	1,48	1,64	1,78	1,76	1,86	1,98	2,14
Свинец	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

Сравнение концентраций цинка в молоке в стойловый и пастбищный периоды показало, что наибольшее его содержание отмечено в пастбищный период (2,66...3,14 мг/кг), причем эти значения значительно ниже уровня ПДК (см. табл. 5).

### Выводы

1. Содержание тяжелых металлов в молоке зависит от времени года, периода лактации, условий содержания коров.

2. Наряду с другими источниками содержания ТМ в общем рационе питания сельскохозяйственных животных почва является основным источником загрязнения зеленых кормов и в конечном итоге животноводческой продукции тяжелыми металлами даже при содержании их в почве ниже предельно допустимых концентраций.

3. Содержание свинца в молоке медленно, но постоянно растет. Особенно много его в молоке, заготавливаемом в зонах, расположенных вблизи шоссе дорог, заводов, производящих и перерабатывающих свинец. В течение года содержание свинца снижается от зимы к лету. Помимо того, что свинец попадает в молоко коров, которых кормят зелеными травами и сеном, содержащими этот элемент, он может попадать непосредственно в молоко из воздуха.

4. Количество меди в молоке резко увеличивается в пастбищный период во время обработки лугов, садов, ягодников медьсодержащими препаратами. Подобная обработка растений приводит не только к увеличению содержания меди в молоке за счет попадания ее физиологическим путем через пищеварительную и кровеносную системы, но и за счет того, что часть медьсодержащих препаратов скапливается на кожном покрове и вымени животных. Например, при тщательной обработке вымени в период обработки растительности медьсодержащими препаратами количество меди в молоке увеличивается до двух раз, но при неудовлетворительной обработке – до четырех-пяти раз.

5. При сравнении концентраций цинка в молоке в стойловый и пастбищный периоды определено, что наибольшее его содержание отмечено в пастбищный период.

6. Наличие кадмия в молоке зависит от загрязнения окружающей среды этим металлом (в сильно загрязненной зоне оно в 2,5 раза выше).

7. Во всех исследуемых пробах молока не было обнаружено мышьяка и ртути.

8. Снизить содержание токсичных элементов или устранить их влияние практически невозможно без нарушения пищевой ценности молока, поскольку тяжелые металлы связаны в нем комплексами с наиболее ценными пищевыми компонентами, в частности с белком. Поэтому во всем мире особое внимание уделяется разработке методов получения и рецептур биологически активных веществ и пищевых добавок для скармливания скоту, снижающих усвояемость тяжелых металлов в организме.

9. Несмотря на то, что сырьевые зоны практически всех молокоперерабатывающих предприятий находятся в условиях сложной экологической обстановки, для производства молочных продуктов используется молоко, обеспечивающее их безопасность.

10. Так как присутствие свинца, кадмия, меди и цинка фиксируется в значительном количестве проб, вопросы контроля качества и безопасности молока заготавливаемого остаются актуальными и являются обязательной составной частью системы производственного контроля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колодкин, А.М. Микроэлементы молока и их влияние на качество молочной продукции / А.М. Колодкин. – Иркутск: Изд-во Иркутск. ун-та. 1985. – 283 с.
2. Головатый, С.Е. Особенности влияния природных объектов на содержание тяжелых металлов в животноводческой продукции / С.Е. Головатый, П.Ф. Жигарев, Н.Д. Волкова // Европа – наш общий дом: Экологические аспекты: сб. темат. докл. – Минск, 2000. – Ч. 1. – С. 22 – 33.
3. Головатый, С.Е. Влияние почвенного фактора на накопление тяжелых металлов в молоке / С.Е. Головатый, П.Ф. Жигарев // Современные проблемы охраны земель: материалы межгосударств. науч. конф. – Киев, 1997. – С. 73 – 76.
4. Петухова, Н.Н. Эколого-геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси / Н.Н. Петухова, В.А. Кузнецов // Европа – наш общий дом: экологические аспекты: тез. докл. междунар. науч. конф. – Минск, 2000. – Ч. 2. – С. 198.
5. Ненашев, Р.А. Особенности миграции тяжелых металлов по трофической цепи коров в условиях дерново-подзолистых почв белорусского Полесья / Р.А. Ненашев // Сахаровские чтения 2007 года: экологические проблемы XXI века: материалы VI междунар. науч. конф. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – С. 204.
6. Мирончик, А.Ф. Техногенное и радиоактивное загрязнение придорожных полос крупнейших автомобильных дорог вокруг г. Могилева / А.Ф. Мирончик // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и мостов: сб. науч. тр. РУП «БелдорНИИ». – Минск, 2004. – Вып. 16. – С. 68 – 75.
7. Мирончик, А.Ф. Накопление естественным травостоем придорожных полос тяжелых металлов на фоне радиоактивного загрязнения территории / А.Ф. Мирончик, Е.В. Кашевская // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2006. – № 2 (37). – С. 43 – 44.
8. Липатов, Н.Н. Экология молока и молочных продуктов: обзорная информация / Н.Н. Липатов / АгроНИИТЭИММП, 1991. – 69 с.
9. Мирончик, А.Ф. Взаимосвязь вегетации травостоя и содержания радионуклидов и тяжелых металлов в пастбищном корме / А.Ф. Мирончик, Д.А. Липская, Е.А. Мирончик // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века: материалы VIII междунар. науч. конф. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – С. 178.
10. Рейли, К. Металлические загрязнения пищевых продуктов / К. Рейли. – М.: Агропромиздат, 1985. – 184 с.
11. Комаров, В.И. Управление качеством продукции в пищевых отраслях / В.И. Комаров, С.Л. Воротецкая // Пищевая и перерабатывающая промышленность. – 1986. – № 4. – С. 38.

Поступила 04.06.2009