

ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ СУТОЧНОГО ПОСТУПЛЕНИЯ СВИНЦА В ОРГАНИЗМ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Мирзоев Э.Б.

*Федеральное Государственное Бюджетное Научное Учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»,
249032 Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе 109 км
Тел/факс (484)3996966, mirzoev.ed@yandex.ru*

Резюме. В статье представлены допустимые уровни суточного поступления свинца в организм крупного рогатого скота (КРС). Для получения продуктов питания (молоко, мясо) на основе санитарно-гигиенических нормативов РФ и ВОЗ, допустимое суточное поступление свинца в организм КРС при лактации должно составлять 21,7 мг (0,04 мг/кг массы тела) и 4,4 мг (0,009 мг/кг массы тела), а при откорме – 38,5 мг (0,08 мг/кг массы тела) и 7,7 мг (0,015 мг/кг массы тела), соответственно. Для обеспечения продовольственной безопасности населения РФ (молоко, мясо, субпродукты) на основе санитарно-гигиенических нормативов ВОЗ необходимо в токсикологических исследованиях верифицировать допустимые пределы суточного поступления с рационом, уточнить максимально допустимые уровни в кормах и определить критические концентрации металла в периферической крови КРС.

Ключевые слова: свинец, крупный рогатый скот, молоко, мясо, нормативы

PERMISSIBLE LEVELS OF DAILY LEAD INTAKE IN CATTLE

Mirzoev E.B.

Russian Institute of Radiology and Aeroecology

Abstract. The article presents the acceptable levels of daily intake of lead in the body of cattle. To obtain food products (milk, meat) that meet the sanitary and hygienic standards of the Russian Federation and WHO, the permissible daily intake of lead in the body of cattle during lactation must correspond to 21.7 mg (0.04 mg/kg body weight) and 4.4 mg (0.009 mg/kg body weight), and when fattening-38.5 mg (0.08 mg/kg body weight) and 7.7 mg (0.015 mg/kg body weight), respectively. To ensure food security of the population of the Russian Federation (milk, meat, offal) on the basis of WHO sanitary and hygienic standards, it is necessary to verify the permissible limits of daily intake with the ration, clarify the maximum permissible levels in feed and determine the critical concentrations of metal in the peripheral blood of cattle in toxicological studies.

Keywords: lead, cattle, milk, meat, standards

Введение. Загрязнение окружающей среды соединениями свинца увеличивает вероятность его перехода в продукты питания в системе почва – растение – животное. Свинец обладает кумулятивной способностью и в зависимости от дозы (концентрации) и продолжительности воздействия на животных проявляет общую токсичность, эмбриотоксичность, генотоксичность и канцерогенность [1].

Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) установила предельно допустимое поступление свинца в организм человека 25 мкг/кг массы тела в неделю (3,6 мкг/кг массы тела в сутки). Однако, в 2011 году это пороговое значение было отменено, так как не обеспечивало безопасность здоровья детского и пожилого населения [2]. В США управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов в 2018 году установило временное допустимое поступление свинца в организм детского и взрослого населения 6 и 12,5 мкг/кг массы тела в сутки, соответственно [3]. При этом концентрация свинца в периферической крови детского и взрослого населения не должна превышать 5 мкг/дл [4]. В Российской Федерации (РФ) допустимые суточные дозы свинца для человека не установлены, хотя в Союзе Советских Социалистических Республик рекомендуемая доза соответствовала 4 мкг/кг массы тела в сутки [5].

В настоящее время в РФ содержание свинца в воде, воздухе и продуктах питания регламентируется санитарно-гигиеническими нормативами [6]. Вступление РФ во Всемирную торговую организацию требует гармонизации национальных и международных нормативов по содержанию свинца в продуктах питания. Сравнительный анализ санитарно-гигиенических нормативов РФ с международными стандартами по содержанию свинца в продуктах питания (мясо, молоко, субпродукты) выявил существенные различия [7]. Для обеспечения населения РФ качественной и безопасной продукцией животноводства необходимо научно обосновать допустимые пределы суточного поступления свинца в организм сельскохозяйственных животных, в частности крупного рогатого скота (КРС).

Цель исследования – обосновать допустимый уровень суточного поступления свинца в организм крупного рогатого скота.

Материалы и методы. Допустимые уровни суточного поступления свинца с рационом в организм КРС при лактации и откорме рассчитывали по формуле:

$$ДУ_1 = ПДК \ 100\% / КП \text{ или } ДУ_2 = ПДК \ 100\% / КП \times М,$$

где $ДУ_1$ – допустимый уровень суточного поступления свинца с рационом, мг;

$ДУ_2$ – допустимый уровень суточного поступления свинца с рационом с учетом массы тела животного, мг/кг массы тела;

$М$ – средняя масса тела КРС, кг;

ПДК – предельно допустимая концентрация свинца в молоке (мг/л) или в мясе (мг/кг) согласно санитарно – гигиеническим нормативам РФ и ВОЗ;

КП – коэффициенты перехода свинца в 1 л молока в системе рацион – молоко или 1 кг мяса в системе рацион – мясо, % от суточного поступления с рационом [10].

Согласно литературным данным КП свинца в системе рацион – молоко у КРС составляют 0,46 %, а в системе рацион – мясо – 1,3 % [10]. В единой системе оценки критических доз воздействия свинца на животных допустимые уровни суточного поступления в организм КРС целесообразно представлять с учетом их массы тела. Для этого допустимые уровни суточного поступления свинца делили на среднюю массу тела КРС (500 кг).

Максимальное суточное поступление свинца в организм КРС рассчитывали по формуле:

$$МСП_1 = C_1 \times M_1 + C_2 \times M_2 \text{ или } МСП_2 = C_1 \times M_1 + C_2 \times M_2 / M,$$

где

МСП₁ – максимальное суточное поступление свинца с рационом, мг;

МСП₂ – максимальное суточное поступление свинца с учетом массы тела животного, мг/кг массы тела [11];

C₁ – максимально допустимый уровень (МДУ) свинца в кормах, мг/кг корма;

C₂ – ПДК свинца в питьевой воде, мг/л;

M₁ – среднее количество корма в рационе, кг;

M₂ – среднее количество питьевой воды, которое выпивает животное в сутки, л;

M – средняя масса тела КРС.

Результаты и их обсуждение. Основными критериями экологической безопасности соединений свинца в животноводстве считают получение продуктов питания (мясо, молоко, субпродукты), соответствующих санитарно – гигиеническим нормативам и сохранение здоровья сельскохозяйственных животных, их хозяйственно – полезных качеств, в частности репродуктивных способностей. При этом от состояния здоровья животных зависит не только получение жизнеспособного потомства, но качество и количество продукции животноводства.

Допустимые уровни суточного поступления свинца при лактации и откорме КРС, согласно санитарно - гигиеническим нормативам РФ и ВОЗ, представлены в таблице 1. Санитарно-гигиенические нормативы ВОЗ по содержанию свинца в молоке и мясе ниже российских стандартов в 5 раз и поэтому пороговые значения свинца для КРС существенно ниже. Так, допустимые уровни суточного поступления свинца в организм КРС согласно национальным и международным нормативам составили при лактации – 21,7 мг и 4,4 мг, а откорме – 38,5 мг и 7,7 мг, соответственно. Очевидно, что производство

молока и мяса будет соответствовать санитарно – гигиеническим нормативам ВОЗ при суточном поступлении свинца в организм КРС в концентрации 4,4 мг. Следовательно, при ведении животноводства в условиях загрязнения сельскохозяйственных угодий соединениями свинца допустимые уровни суточного поступления в организм КРС не должны превышать 4,4 мг (9 мкг/кг массы тела).

Таблица1

Допустимые уровни суточного поступления свинца в организм крупного рогатого скота при лактации и откорме

Продукция	ПДК,мг/кг (мг/л)	КП, %	ДУ ₁ , мг	ДУ ₂ , мг/кг массы тела
молоко	0,1 (РФ)	0,46	21,7	0,04
молоко	0,02 (ВОЗ)	0,46	4,4	0,009
мясо	0,5 (РФ)	1,3	38,5	0,08
мясо	0,1 (ВОЗ)	1,3	7,7	0,015

В РФ МДУ свинца в кормах при откорме КРС составляют 5 мг/кг корма, а при лактации – 3 мг/кг корма [8]. При этом ПДК свинца в питьевой воде соответствует 0,01 мг/л [9]. При средних количествах потребления корма (40 кг) и питьевой воды (60 л) максимальное суточное поступление свинца в организм КРС при лактации и откорме составит 12,6 мг (0,025 мг/кг массы тела) и 20,6 мг (0,04 мг/кг массы тела), соответственно. Очевидно, что при установленных в РФ нормативах свинца в кормах и питьевой воде максимальное суточное поступление металла в организм КРС не должно превышать 12,6 мг.

Сравнительный анализ полученных данных по суточному поступлению свинца в организм КРС на основе МДУ в кормах (12,6 мг) и санитарно – гигиенических нормативов ВОЗ (4,4 мг) выявил различия. Фактически, установленные в РФ МДУ свинца в кормах для КРС не позволяют получить продукты питания (мясо, молоко), соответствующие международным нормативам. Следовательно, для обеспечения населения РФ качественной и безопасной продукцией животноводства МДУ свинца в кормах для сельскохозяйственных животных необходимо уточнить и научно обосновать.

В РФ МДУ свинца в зерне, зерно - фураже, грубых и сочных кормах, корне и клубне плодах соответствует 5 мг/кг корма [8]. В Республике Беларусь и странах ЕАЭС установлены более низкие значения МДУ в кормах для КРС (таблица 2) [12, 13]. Однако, МДУ свинца в грубых кормах, в частности в соломе, ниже, чем в концентратах, что вызывает противоречие с литературными данными. Так, содержание тяжелых металлов в вегетативных органах растений (в соломе) выше, чем в репродуктивных органах (в зерне). Корма для сельскохозяйственных

животных по степени накопления тяжелых металлов можно расположить в следующей последовательности: трава (сено) естественных угодий > трава (сено) улучшенных угодий > сенаж > силос > солома > корне и клубнеплоды > зерновые корма [10]. Очевидно, что накопление свинца в сельскохозяйственных культурах зависит от физико-химических свойств почвы, концентрации металла в почве, биологических особенностей растений и свойств агроландшафтов. Следовательно, МДУ свинца в кормах для КРС, установленные в РФ, Республике Беларусь, ЕАЭС необходимо уточнить и научно обосновать на основе закономерностей перехода металла в системе почва – растение и накопления в разных кормовых культурах.

Таблица 2

Максимально допустимые уровни содержания свинца в кормах для крупного рогатого скота, установленные в Республике Беларусь и странах ЕАЭС, мг/кг корма.

Вид корма, влажность, %	Беларусь		ЕАЭС	
	лактация	откорм	лактация	откорм
Комбикорм (14%)				
Зерно фуражное (14%)				
Жмых и шроты (12%)				
Отруби (12%)				
Сено (17%)				
Солома (17%)				
Сенаж (55%)				
Силос (75%)				
Корнеклубнеплоды (82%)				
Жом (89%)			—	—
Морковь (84%)				
Зеленые корма (78%)				
Допустимая суточная доза в рационе, мг			—	—

В единой системе оценки допустимых уровней воздействия свинца на человека и животных выявлены существенные различия. Так, допустимые уровни суточного поступления свинца в организм КРС превышают пороговые значения для человека в 2,5 – 4,2 раза. При этом допустимые уровни суточного поступления свинца в организм человека, установленные в США (6,0 и 12,5 мкг/кг массы тела) и ВОЗ (3,6 мкг/кг массы тела), различаются в 1,6 – 3,5 раза [3, 5]. Очевидно, что допустимые уровни суточного поступления свинца в организм КРС необходимо верифицировать в токсикологических исследованиях.

Действительно, получение продуктов питания (мясо, молоко), соответствующих санитарно – гигиеническим нормативам не гарантирует в полной мере безопасность продукции

животноводства, так как критическими органами КРС при хроническом поступлении свинца с рационом являются почки и печень. Изменения функциональной активности печени и почек могут оказывать негативное влияние на обмен веществ и, в целом, на состояние здоровья КРС. В пользу этого свидетельствуют данные о том, что степень токсического воздействия свинца на животных определяется его концентрацией в периферической крови. Периферическая кровь играет важную роль в транспорте и перераспределении свинца в органы и ткани животных. Циркулируя в замкнутой системе кровообращения, она объединяет работу всех систем организма и характеризует состояние гомеостаза. При этом данные о концентрации свинца в периферической крови позволяют исключить параметры неопределенности, связанные с физиологическими особенностями животных (пол, возраст), условиями их кормления (содержание клетчатки, протеина в рационе) и содержания (стойловое, пастбищное). Следовательно, наряду с допустимыми уровнями суточного поступления свинца в организм КРС целесообразно приводить значения критических концентраций металла в периферической крови.

Заключение. При ведении животноводства в условиях загрязнения сельскохозяйственных угодий соединениями свинца допустимые уровни суточного поступления в организм КРС не должны превышать 4,4 мг (9 мкг/кг массы тела). Показано, что установленные в РФ МДУ свинца в кормах для КРС не позволяют получить продукты питания (мясо, молоко), соответствующие международным нормативам. Для обеспечения продовольственной безопасности населения РФ (молоко, мясо, субпродукты) на основе санитарно-гигиенических нормативов ВОЗ необходимо в токсикологических исследованиях верифицировать допустимые пределы суточного поступления с рационом, уточнить МДУ в кормах и определить критические концентрации металла в периферической крови КРС.

Литература

1. U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Science Assessment (ISA) for Lead (Final Report, 2013). U.S. Environmental Protection Agency. Washington. DC.EPA/600/R-10/075F. 2013.
2. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants. Seventy-third report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. WHO Technical Report Series. 2011. № 960.
3. U.S. Food and Drug Administration. Lead in food, foodwares and dietary supplements. 2018.
4. National Toxicology Program (NTP). Monograph on Health Effects of Low-Level Lead. 2012 U.S. Department of Health and Human Services.

5. Федоренко В.И. Обоснование допустимых суточных доз свинца и кадмия в суточных рационах питания // *Medicni perspektivi*. 2019. Т. 24. № 1. С. 73-80. doi. 10.26641/2307-0404.2019.1.162310.
6. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1078-01. М.: Минздрав России, 2002.
7. Мирзоев Э.Б. Национальные и международные нормативы по содержанию свинца в продукции животноводства / *Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»* 2019. № 4 (32). С. 449-455. doi: 10.25725/vet.san.hyг.ecol.201904017.
8. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. Утвержден Главным управлением ветеринарии Госагропрома СССР №123-4/281-87 от 07.08.87 г.1987.
9. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде, водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 (с изменениями от 28 сентября 2007 г.) Минздрав России. Москва.
10. Санжарова Н.И., Гераськин С.А., Спиридонов С.И. и др. Научные основы оценки устойчивости агроэкосистем к воздействию техногенных факторов. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2013. 187 с.
11. European Food Safety Authority, Ardizzone M., Binaglia M., Cottrill B., Cugier J-P., Ferreira L., Gomez Ruiz J.A., Innocenti M., Ioannidou S., Lopez Puente S., Merten C., Nicolici M. and Savoini G. Scientific report on the animal dietary exposure: overview of current approaches used at EFSA. *EFSA J.* 2019. V. 17 (11)5896, 18 pp. [http:// doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5896](http://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5896).
12. Приказ РБ. Об утверждении ветеринарно-санитарного норматива Максимально допустимый уровень (МДУ) содержания тяжелых металлов (свинца, кадмия и цинка) в кормах для крупного рогатого скота. Зарегистрировано в НРПА РБ 6 июля 2000 г. N 8/3690.
13. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности кормов и кормовых добавок» (ТР 201_/00_/ТС). 2013.

References

1. U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Science Assessment (ISA) for Lead

(Final Report, 2013). U.S. Environmental Protection Agency. Washington. DC.EPA/600/R-10/075F. 2013.

2. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants. Seventy-third report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. WHO Technical Report Series. 2011. No 960.

3. U.S. Food and Drug Administration. Lead in food, foodwares and dietary supplements. 2018.

4. National Toxicology Program (NTP). Monograph on Health Effects of Low-Level Lead. 2012 U.S. Department of Health and Human Services.

5. Fedorenko V.I. The substantiation of the maximum daily permissible doses of lead and cadmium in everyday diet // *Medicni perspektivi*. – 2019. – Т. 24. – № 1. – С. 73-80. doi. org /10.26641/2307-0404.2019.1.162310 (In Ukrainian).

6. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products. Sanitary and epidemiological rules and regulations of SanPiN 2.3.2.1078-01. Moscow: Ministry Of Health of Russia, 2002 [In Russian].

7. Mirzoev E.B. National and international standards of lead content in animal products // *Russian Journal “Problems on Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology”*. – 2019. – №4 (32). – С. 449-455. doi: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201904017 [In Russian].

8. Temporary maximum permissible level (MPL) of certain chemical elements and gossypol in animal feed and feed additives. Approved by the Main veterinary Department of the state agrarian industry of the USSR No. 123-4 / 281-87 of 07.08.87, 1987 [In Russian].

9. Maximum permissible concentrations (MPC) of chemical substances in water, water objects of economic and drinking and cultural and household water use. Hygiene standards GN 2.1.5.1315-03 (as amended on September 28, 2007) of the Ministry of health of the Russian Federation. Moscow [In Russian].

10. Sanzharova N. I., Geraskin S. A., Spiridonov S. I., Tsygvintsev P. N., Pimenov E. P., Kruglov S. V., Anisimov V. S., Kozmin G. V., Kochetkov I. V., Kobyalko V. O., Shubina O. A., Isamov N. N., Spirin E. V., Udalova A. A., Mirzoev E. B. Scientific bases for assessing the stability of agroecosystems to the effects of technogenic factors. Obninsk: GNU VNIISKHRAE, 2013. 187 PP [In Russian].

11. European Food Safety Authority, Ardizzone M., Binaglia M., Cottrill B., Cugier J-P., Ferreira L., Gomez Ruiz J.A., Innocenti M., Ioannidou S., Lopez Puente S., Merten C., Nicolici M. and Savoini G. Scientific report on the animal dietary exposure: overview of current approaches used at EFSA. EFSA J. – 2019. – V. 17 (11)5896, 18 pp. doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5896.

12. Order RB. About the approval of the veterinary and sanitary standard the Maximum permissible level (MPL) of the content of heavy metals (lead, cadmium and zinc) in feed for cattle. Registered in the Republic of Belarus Norwegian radiation protection authority serves 6 Jul 2000 N 8/3690 [In Russian].

13. Technical regulations of the Customs Union “On the safety of feed and feed additives” (TR 201_/00_/CU). 2013 [In Russian].