

Алексей КАРПЕНКО, Иван МАКАРОВЕЦ

*Институт радиобиологии НАН Беларуси,
Гомель, Республика Беларусь
e-mail: irb@irb.basnet.by*

УДК 614.876+574.46
<https://doi.org/10.29235/1818-9806-2024-9-50-56>

Эффективность применения энтеросорбента на основе торфа с вводом ферроцина

Представлены результаты комплексного изучения энтеросорбента на основе торфа с вводом ферроцина в составе рационов дойных коров и бычков на откорме. Приведены итоги исследования радиологической, зоотехнической и экономической эффективности использования отечественного энтеросорбента.

Ключевые слова: энтеросорбент, ферроцин, цезий-137, молоко, затраты.

Alexei KARPENKO, Ivan MAKAROVETS

*Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Gomel, Republic of Belarus
e-mail: irb@irb.basnet.by*

The effectiveness of peat-based enterosorbent when taking ferrocin

The article presents the results of a comprehensive study of peat-based enterosorbent with the introduction of ferrocin in the diets of dairy cows and fattening bulls. The results of a study of the radiological, zootechnical and economic efficiency of using domestic enterosorbent are presented.

Keywords: enterosorbent, ferrocin, cesium-137, milk, costs.

Введение

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС территория Республики Беларусь подверглась радиоактивному загрязнению долгоживущими радионуклидами, самыми опасными из которых являются ^{137}Cs и ^{90}Sr . Наиболее загрязнены ^{137}Cs земли Гомельской области – 42,5 % и Могилевской – 22,8 %. Брестская, Гродненская и Минская области поражены в меньшей степени – 3,1, 1,4 и 2,5 % соответственно [1].

При реализации защитных мер, в результате естественного распада радионуклидов и их фиксации в почве существенно снизился переход ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию – в 10–12 раз, ^{90}Sr – в 2–3 раза [1].

В формировании среднегодовых эффективных доз на долю ^{137}Cs приходится до 95 %. Научными исследованиями было установлено, что до 70 % ^{137}Cs поступает в организм человека вместе с продуктами питания [2].

С 2014 г. не фиксируется превышения нормативных уровней по содержанию ^{137}Cs [3, 4] в молоке и мясе, однако существует риск производства продукции, не соответствующей требованиям РДУ-99, особенно в частном секторе и при использовании естественных кормовых угодий [3–10].

Одной из актуальных мер для получения качественной продукции животноводства является применение энтеросорбентов, блокирующих поступление радионуклидов в продукцию [4, 6].

Использование данных сорбентов предполагает круглогодичное скармливание их животным. Поэтому они должны быть дешевыми, доступными для массового применения, хорошо поедаться, не быть токсичными, не должны снижать качество продукции. В настоящее время широкое распространение имеет импортный препарат ферроцин, который характеризуется достаточно высокой стоимостью.

Наиболее перспективным направлением является использование энтеросорбентов на основе дешевых и доступных в крупном производстве компонентов, в частности торфа. После специальной обработки торф получает технологические свойства, необходимые для успешного конкурентирования с импортными аналогами [11]. Изучаемый энтеросорбент на основе торфа был разработан в Институте природопользования НАН Беларуси и испытан на крупном рогатом скоте в условиях сельскохозяйственного предприятия.

Учитывая вышесказанное, целью нашего исследования являлось изучение радиологической, зоотехнической и экономической эффективности энтеросорбента на основе торфа с вводом ферроцина в составе рационов дойных коров и бычков на откорме в сравнении с чистым ферроцином.

Материалы и методы

Данные аналитических исследований были получены на базе Института радиобиологии НАН Беларуси. Определение удельной активности цезия-137 в сельскохозяйственном сырье и кормах (Бк/кг) проводилось на γ -спектрометрическом комплексе Canberra-Packard с погрешностью не более 30 %. Отбор проб молока осуществлялся согласно СТБ 1055-2012, кормов – СТБ 1056-2016.

На базе РУП «Институт мясо-молочной промышленности» в Минске было определено содержание токсичных элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть) в мышечной ткани бычков, проверено соответствие санитарным нормам и правилам «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам» и гигиеническому нормативу «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21 июня 2013 г. № 52, ТР ТС 021/2011.

Экспериментальные данные обрабатывались с использованием специального программного обеспечения, предназначенного для математического и статистического анализа (MS Excel, Statistica).

Основная часть

Изучение сорбента на основе торфа проводилось в ходе научно-хозяйственных экспериментов на молочных коровах и бычках на откорме в ОАО «Маложинский» Брагинского района Гомельской области, расположенного в зоне радиоактивного загрязнения с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs от 5 до 15 Ки/км² и выше, ^{90}Sr – от 1 до 32 Ки/км².

Эксперимент на дойных коровах проводился в течение 30 суток, на бычках на откорме – 35 суток. Добавка в рацион энтеросорбента составляла 30 г на голову (1,5 г/гол. ферроцина в сутки), бычкам – 40 г на голову в сутки (2,0 г/гол. ферроцина в сутки). Для опытных групп дойных коров и бычков на откорме, получавших ферроцин в чистом виде, суточная доза данного препарата составляла 3 г. Условия содержания животных контрольной и опытных групп были аналогичными. Кормление осуществлялось 2 раза – утром и вечером. Проводился групповой и индивидуальный учет кормов. Для этого определялись:

- поедаемость пастбищной травы во время выпаса (коровы);
- масса заданных кормов (по группе и по видам кормов);
- количество несъеденных остатков кормов (также по видам кормов);
- фактическое потребление корма.

Физиологическое состояние животных контрольных и опытных групп оценивали по следующим показателям: общее состояние, поедаемость корма, состояние шерстного покрова, видимых слизистых оболочек, предлопаточных и надколенных лимфатических узлов, функции органов пищеварения и выделения. При этом различий клинического состояния (температура, пульс, дыхание, руминация, масса тела, продуктивность) между контрольными и подопытными животными не отмечено.

Рационы коров и бычков были оптимально сбалансированы по основным нормируемым показателям химического состава и питательности.

Отбор проб молока осуществлялся на 0, 15 и 30-е сутки проведения эксперимента. Качественные характеристики мяса бычков определяли после забоя на ОАО «Гомельский мясокомбинат».

В результате эксперимента было установлено содержание ^{137}Cs в кормах и рационе дойных коров (табл. 1).

Далее в кормах были рассчитаны параметры перехода радионуклида из рациона в молоко (табл. 2).

Содержание ^{137}Cs во всех пробах молока соответствовало требованиям санитарно-гигиенического норматива [4] и не превышало 100 Бк/кг.

Т а б л и ц а 1. Содержание ^{137}Cs в кормах и рационе

Вид корма	кг	Бк/кг	Бк/рацион
Трава пастбищная	30	60,0 ± 10,2	1800,0
Зеленая масса кукурузы	15	18 ± 2,3	270,0
Солома овсяная	2	15,5 ± 1,8	31,0
Комбикорм для коров КК-60-6	3	35,8 ± 3,2	107,4
Суммарная активность суточного рациона, Бк			2208,4

Т а б л и ц а 2. Параметры перехода ^{137}Cs из рациона в молоко

Группа животных	Сутки отбора			В среднем за период эксперимента		
	0	15	30	М ± m, Бк/кг	Кратность снижения (контроль-опыт), раз	Разница снижения (контроль-опыт), Бк/кг
Контрольная	42,6	21,5	18,7	20,1 ± 2,0	0	0
1-я опытная ¹	50,7	8,5*	4,1*	6,3 ± 3,1	3,2	13,8
2-я опытная ²	46,7	9,2*	4,1*	6,65 ± 3,6	3,0	13,45

* P < 0,001.

П р и м е ч а н и я:

¹ энтеросорбент на основе торфа (30 г/гол. в сутки).

² ферроцин (3 г/гол. в сутки).

Достоверное снижение (P < 0,001) к контролю удельной активности ^{137}Cs в молоке коров 1-й и 2-й опытных групп установлено с 15-х суток и до конца эксперимента.

В среднем за период проведения эксперимента в контрольной группе активность ^{137}Cs в молоке составила 20,1 ± 2,0 Бк/кг, в 1-й опытной группе – 6,3 ± 3,1 Бк/кг, или меньше в 3,2 раза по сравнению с контрольной группой (на 13,8 Бк/кг), во 2-й – 6,65 ± 3,6 Бк/кг, или в 3,0 раза (на 13,45 Бк/кг).

Таким образом, радиологическая эффективность в группе использования энтеросорбента на основе торфа была выше на 0,35 Бк/кг по сравнению с применением ферроцина.

В табл. 3 представлены коэффициенты перехода ^{137}Cs из суточного рациона в молоко коров контрольной и опытных групп. Как следует из показателей, коэффициент перехода ^{137}Cs из рациона в 1 кг молока коров контрольной группы составил 0,99 %, в группе с энтеросорбентом на основе торфа – 0,29 %, или меньше 3,4 раза, в группе с ферроцином – 0,3 %, или 3,3 раза меньше по сравнению с контролем.

По результатам контрольных доек не было выявлено увеличения или снижения молочной продуктивности подопытных животных.

Среднесуточный удой коров контрольной группы за весь период проведения эксперимента составил 12,8 ± 0,3 кг, в 1-й опытной группе – 12,7 ± 0,3 кг, во 2-й – 12,8 ± 0,4 кг.

Таблица 3. Коэффициенты перехода ^{137}Cs из рациона в молоко, %

Группа животных	Коэффициент перехода
Контрольная	0,99
1-я опытная ¹	0,29
2-я опытная ²	0,30

Примечания:

¹ энтеросорбент на основе торфа (30 г/гол. в сутки).

² ферроцин (3 г/гол. в сутки).

Эксперимент на бычках длился 35 суток. В опыте активность суточных рационов по ^{137}Cs составляла 2000–3165 Бк. По окончании был произведен убой животных и получены фактические значения содержания ^{137}Cs в мышечной ткани бычков (табл. 4).

Таблица 4. Параметры перехода ^{137}Cs из рациона в мышечную массу бычков на откорме

Группа животных	Активность ^{137}Cs в рационе, кБк	Удельная активность ^{137}Cs в мясе, Бк/кг	
		М ± m	Cv, %
Контрольная	2,57 ± 0,53	125,3 ± 1,3	1,0
1-я опытная ¹		24,2 ± 5,1*	21,1
2-я опытная ²		28,7 ± 5,2*	18,1
Кратность снижения перехода ^{137}Cs из рациона в мясо (контрольная / 1-я опытная), раз			5,2
Кратность снижения перехода ^{137}Cs из рациона в мясо (контрольная / 2-я опытная), раз			4,4
Разница снижения перехода ^{137}Cs (контрольная / 1-я опытная), Бк/кг			101,1
Разница снижения перехода ^{137}Cs (контрольная / 2-я опытная), Бк/кг			96,6

* $P < 0,05$.

Примечания:

¹ энтеросорбент на основе торфа (40 г/гол. в сутки).

² ферроцин (3 г/гол. в сутки).

Удельная активность ^{137}Cs в мясе контрольной группы составляла 125,3 ± 1,3 Бк/кг, в 1-й опытной – 24,2 ± 5,1 Бк/кг ($P < 0,05$) (разница – 101,1 Бк/кг), во 2-й – 28,7 ± 5,2 Бк/кг ($P < 0,05$) (разница – 96,6 Бк/кг).

Кратность снижения содержания ^{137}Cs в мясе бычков 1-й опытной группы по отношению к контролю составила 5,2 раза, во 2-й – 4,4 раза.

Коэффициент вариации (Cv) удельной активности ^{137}Cs в мясе бычков находился в диапазоне 1,0–21,1 % и не превышал 35 %, что указывает на нормальное распределение изучаемого параметра при достаточно высоком уровне его изменчивости в опытных группах.

В табл. 5 представлены расчеты коэффициентов перехода ^{137}Cs из рациона в мышечную массу бычков на откорме.

Коэффициенты перехода (КП) ^{137}Cs из рациона в мясо составили в контрольной группе 4,9 %, в 1-й и 2-й опытных группах – 0,9 и 1,1 % соответственно.

Т а б л и ц а 5. Коэффициенты перехода ^{137}Cs из рациона в мышечную массу бычков на откорме

Группа животных	Коэффициент перехода
Контрольная	4,9
1-я опытная ¹	0,9
2-я опытная ²	1,1

П р и м е ч а н и я.

¹ энтеросорбент на основе торфа (40 г/гол. в сутки).

² ферроцин (3 г/гол. в сутки).

Поскольку в торфе может содержаться некоторое количество тяжелых металлов, было проведено исследование на их содержание в мышечной ткани бычков. Установлено, что мясо опытных групп не имело различий с контрольной группой по цвету поверхности, цвету мышцы на разрезе, консистенции, запаху, содержанию свинца, кадмия, мышьяка и соответствовало установленным требованиям по качеству и безопасности.

Применение в кормлении бычков предлагаемых сорбентов не повлияло на снижение мясной продуктивности животных. Средняя живая масса бычков в начале эксперимента составляла 360,0–380,0 кг, среднесуточный прирост живой массы был равен 870 г, при поступлении на мясокомбинат масса бычков находилась в диапазоне 390,5–410,5, а в среднем – 400,5 кг. После убоя выход мышечной массы с одной туши составлял 62 %, или 248,3 кг.

В результате исследований была вычислена экономическая эффективность применения изучаемых сорбентов. По расчетам стоимость отечественного энтеросорбента составляет 7,71 бел. руб. за 1 кг, покупного ферроцина – 166,4 бел. руб. в ценах 2024 г.

Стоимость суточного потребления энтеросорбента на основе торфа в рационах коров (30 г/гол.) составляла 0,23 бел. руб., ферроцина (3 г/гол.) – 0,48 бел. руб. Из этого следует, что использование собственного энтеросорбента на 0,25 бел. руб., или на 47,9 %, дешевле по сравнению с использованием ферроцина.

В опыте на бычках использование 40 г энтеросорбента на основе торфа для снижения перехода 1 тыс. Бк ^{137}Cs из рациона в 1 кг мяса меньше на 0,27 бел. руб. в сравнении с использованием 3 г ферроцина на голову.

Заключение

Из экспериментальных данных следует, что применение в рационе дойных коров и бычков на откорме энтеросорбента на основе торфа не оказывает вредного воздействия на организм животных, не снижает качества продукции. В результате использования отечественного энтеросорбента уменьшается переход цезия-137 из рациона в молоко – 3,2 раза, в рационы бычков на откорме – 5,2 раза, а также достигается экономическая эффективность в сравнении с применением ферроцина в чистом виде.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыл. АЭС М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск: Ин-т радиологии, 2012. – 121 с.
2. Сподабаева, Е. П. Удельное содержание цезия-137 в цельном молоке и дикорастущих ягодах и грибах, заготовленных в частном секторе на территории Лельчицкого района Гомельской области в период 2000–2011 гг. / Е. П. Сподабаева, О. Н. Замбержицкий // Здоровье и окружающая среда. – 2012. – № 21. – С. 207–214.
3. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99). – Минск, 1999. – 8 с.
4. Царенок, А. А. Животноводство в зоне бедности / А. А. Царенок // Наука и инновации. – 2021. – № 8. – С. 20–25.
5. 35 лет после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий: национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыл. АЭС М-ва по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 152 с.
6. Риск получения молока и кормов, не соответствующих нормативам по содержанию цезия-137 / Н. М. Белоус [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 5. – С. 75–77.
7. Калиниченко, С. А. Прогноз содержания радионуклидов в молоке крупного рогатого скота с учетом почвенной компоненты рациона / С. А. Калиниченко, В. С. Аверин // Вес. НАН Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2007. – № 4. – С. 81–86.
8. Гусаков, В. Г. Конкурентоустойчивое развитие производства продуктов здорового питания в предприятиях пищевой промышленности Беларуси / В. Г. Гусаков, А. В. Пилипук; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси. – Минск: Беларус. навука, 2018. – 367 с.
9. Гусаков, В. Г. Научные исследования природных ресурсов для устойчивого развития Полесья / В. Г. Гусаков, А. К. Карабанов // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сб. докл. Междунар. науч. конф., Минск, 14–17 сент. 2016 г.: в 2 т. – Минск: Беларус. навука, 2016. – Т. 1. – С. 6–11.
10. Макаровец, И. В. Экономическая, зоотехническая и радиологическая эффективность кормовой добавки «Антикет» с вводом ферроцина / И. В. Макаровец, А. Ф. Карпенко, А. А. Царенок // Аграр. экономика. – 2022. – № 11. – С. 89–96. <https://doi.org/10.29235/1818-9806-2022-11-89-96>.
11. О ферроцинсодержащих сорбентах / А. Ф. Карпенко [и др.] // Радиобиология: современные проблемы: материалы междунар. науч. конф., Гомель, 26–27 сент. 2019 г. / ГНУ «Ин-т радиобиологии НАН Беларуси». – Гомель, 2019. – С. 86–92.

Поступила в редакцию 20.06.2024

Сведения об авторах

Карпенко Алексей Федорович – ведущий научный сотрудник лаборатории производства экологически безопасной продукции животноводства в условиях техногенного загрязнения территорий, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;

Макаровец Иван Владимирович – научный сотрудник лаборатории производства экологически безопасной продукции животноводства в условиях техногенного загрязнения территорий

Information about the authors

Karpenko Alexei Fyodorovich – Leading Researcher of the Laboratory of Environmentally Safe Animal Production under Technogenic Contamination Conditions, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;

Makarovets Ivan Vladimirovich – Researcher of the Laboratory of Environmentally Safe Animal Production under Technogenic Contamination Conditions