

Сорбент цезия-137 белорусского производства в рационах животных

А.Ф. КАРПЕНКО¹, О.Н. АНТИПЕНКО^{1,2}

Анализируются результаты исследований радиологической эффективности, физиологического состояния и качества получаемой животноводческой продукции при использовании углеродного ферроцинсодержащего сорбента (УФС) белорусского производства в составе рационов сельскохозяйственных животных, содержащихся на территории радиоактивного загрязнения. Установлено, что УФС можно использовать в качестве добавки в составе рационов для снижения накопления ¹³⁷Cs в организме сельскохозяйственных животных: для кроликов в дозах 2 и 4 г/голову, бычков на откорме, лактирующих коров и лошадей в дозе 40 г/голову. Сорбент не оказывает отрицательного влияния на потребление кормов, прирост живой массы, молочную продуктивность и физиологическое состояние животных.

Ключевые слова: сорбенты, ферроцин, ¹³⁷Cs, сельскохозяйственные животные.

The results of the studies on the radiological efficiency, physiological state and quality of the resulting livestock products using carbon&ferrocene containing sorbent (CFCS) of Belarusian production as part of the diets of farm animals kept in the territory of radioactive contamination are analyzed. It has been established that CFCS can be used as an additive in diets to reduce the accumulation of ¹³⁷Cs in the body of farm animals: the doses are 2 and 4 g/head for rabbits and 40 g/head for fattening bulls, lactating cows and horses. The sorbent does not have a negative effect on feed consumption, live weight gain, milk production and the physiological state of animals.

Keywords: sorbents, ferrocene, ¹³⁷Cs, farm animals.

Введение. После аварии на Чернобыльской АЭС, когда обширные территории загрязнились долгоживущими изотопами цезия-137 и стронция-90, в Беларуси возникла одна из острейших проблем в сельскохозяйственном производстве – получение на этих территориях сельскохозяйственной продукции с содержанием радионуклидов не выше республиканских допустимых уровней (РДУ-99) [1]. Данная проблема существует и в настоящее время [2], [3].

Одним из направлений получения сельскохозяйственной продукции в рамках РДУ-99 является использование в кормлении животных энтеросорбента ферроцина, связывающего и выводящего из желудочно-кишечного тракта эндогенный и экзогенный цезий-137 [4], [5]. В этой связи на протяжении послеаварийных лет в комплексе защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве предусматривалось обеспечение ферроцинсодержащим комбикормом молочного скота личных подсобных хозяйств в тех населенных пунктах, где по данным радиационного контроля санитарного надзора отмечается производство молока с превышением РДУ-99 по содержанию цезия-137 [6]. Так, например, в течение пятилетнего периода 2016–2020 гг. требовалось производить около 0,1 тыс. т ферроцинсодержащего комбикорма ежегодно. Для его изготовления, при установленной норме ввода сорбента 6 кг на 1 т комбикорма, потребность в ферроцине на год составляет около 600 кг. При приобретении по цене 50 долларов США за 1 кг у единственного производителя данного препарата ООО НПП «Экс-орб» Российской Федерации необходимо изыскивать бюджетные средства в сумме эквивалентной 30 тысячам долларов США. На этом основании возникли вопросы производства собственных сорбентов в Республике Беларусь, чтобы не только удовлетворить внутренние потребности и решить вопросы импортозамещения, но даже выйти в перспективе на их экспорт.

В Институте природопользования НАН Беларуси в период 1987–1990 гг. были проведены исследования по получению сорбционных материалов, избирательных по отношению к цезию-137, на основе гексацианоферратов меди, цинка, кобальта, железа, введенных в поры активированного угля. В результате был получен углеродный ферроцинсодержащий сорбент (УФС), представляющий собой композиционный материал на основе торфяного активированного угля и пятипроцентного ферроцина [8]. После лабораторных исследований сорбционных свойств химическим методом, а также на лабораторных животных, получавших цезий-137 в составе корма, было установлено, что УФС показал результаты намного лучше, чем исходный

ферроцин. После получения положительных результатов в лабораторных условиях необходимое количество УФС было подготовлено и передано в ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси» для проведения испытаний на экспериментальных сельскохозяйственных животных, получающих в составе кормов цезий-137, а также находящихся на загрязненной данным радионуклидом территории. Одновременно с этим Институтом природопользования НАН Беларуси были подготовлены технические условия для промышленного выпуска УФС.

Цель исследований заключалась в изучении радиологической эффективности, физиологического состояния и качества получаемой животноводческой продукции при использовании УФС белорусского производства в составе рационов сельскохозяйственных животных, содержащихся на территории радиоактивного загрязнения.

Материал и методы исследований. Объектами исследований являлись кролики, коровы и бычки черно-пестрой породы, лошади. Методы исследований – зоотехнический, физиологический, биохимический, радиометрический, статистический, анализа и синтеза, и другие.

Результаты исследований и их обсуждение. В первом опыте использовали УФС в рационах кроликов. Для этого на базе вивария Института радиобиологии НАН Беларуси были сформированы 4 группы кроликов-самцов трехмесячного возраста породы белый паннон (контрольная и 3 опытных) численностью 3 головы в каждой (таблица 1). Продолжительность опыта 30 дней [9].

Таблица 1 – Схема постановки опыта на кроликах по методу пар-аналогов

Группы	Кол-во животных, гол.	Живая масса на начало опыта, кг	Особенности кормления
Контрольная	3	1,8–2,3	Сено, комбикорм – основной рацион (ОР)
1 опытная	3	1,8–2,3	ОР + 0,2 г ферроцина
2 опытная	3	1,8–2,3	ОР + 2 г УФС
3 опытная	3	1,8–2,3	ОР + 4 г УФС

Контрольная и опытные группы животных во время опыта получали в составе основного рациона сено злаково-бобовое (0,06 кг на голову в сутки с удельной активностью цезия-137 5500–6400 Бк/кг) и комбикорм-концентрат КК-92 для взрослых кроликов (ТУ РБ 600024008.125-2006) (0,15 кг на голову в сутки). Ферроцин и УФС вводились в состав комбикорма.

В результате радиометрических измерений было установлено, что параметры перехода цезия-137 в звене миграции рацион/мышечная ткань в контрольной группе составили 138,6 %, в 1-й группе – 43,5 %, 2-й группе – 30,8 % и 3-й группе – 16,8 %, что соответственно на 95,1, 107,8 и 121,8 % меньше в сравнении с контролем (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели удельного содержания цезия-137 в мышечной ткани и его поступления из рациона кроликов

Группа	Средняя удельная активность мышечной ткани, Бк/кг	Кратность снижения по сравнению с контрольной группой	Переход в звене рацион-мышечная ткань, %
Контрольная	501,00 ± 226,3	-	138,6
1 опытная	157,33 ± 45,0	3,18	43,5
2 опытная	111,47 ± 44,3	4,49	30,8
3 опытная	60,87 ± 16,2	8,23	16,8

При потреблении в питании 1 кг кроличьего мяса ожидаемая доза внутреннего облучения, рассчитанная с использованием размерного пересчетного коэффициента равного $1,3 \times 10^{-8}$ Зв/Бк, может составлять в контрольной группе 6,5 мкЗв, в 1-й группе 2,05 мкЗв, 2-й группе 1,45 мкЗв и 3-й группе 0,79 мкЗв [10].

Второй научно-производственный опыт проводился на базе сельскохозяйственного предприятия ОАО «Маложинский» Брагинского района, где были сформированы 1 контрольная и 2 опытные группы бычков черно-пестрой породы 18–20-ти месячного возраста, численностью по 5 голов в каждой. Первая опытная группа получала 40 г/голову УФС, вторая – 3 г/голову ферроцин. На 35-е сутки был произведен убой животных и получены фактические значения содержания цезия-137 в мышечной ткани бычков. Как видно на рисунке они составили в контрольной группе $125,3 \pm 1,3$ Бк/кг; 1-й опытной – $25,0 \pm 5,7$ Бк/кг; 2-й опытной – $28,7 \pm 5,2$ Бк/кг.



Рисунок 1 – Содержание цезия-137 в мышечной ткани бычков, Бк/кг

Кратность снижения поступления цезия-137 в организм бычков в сравнении с контролем составила в 1-й группе – 5,0 раз; 2-й – 4,4 раза. Исследования органолептических показателей и содержание техногенных токсикантов (Pb, Cd, Hg, As) в мясе опытных групп не различались по отношению к контролю.

Третий научно-производственный опыт проводился в ОАО «Ветковский агросервис». Для опыта были сформированы две группы лактирующих коров: опытная и контрольная по 5 голов в каждой (таблица 3).

Таблица 3 – Схема научно-производственного опыта на лактирующих коровах

Группы	Кол-во животных в группе	Живая масса на начало опыта, кг	Продолжительность, дней	Особенности кормления
Контрольная	5	550–600	20	ОР*
Опытная	5	550–600	20	ОР* + сорбент 40 г/гол. в сутки (67 мг/кг ж.м.)

Примечание: ОР* – силос, сено, зеленая масса культур зеленого конвейера, комбикорм.

На 20-е сутки опыта удой у коров опытной группы составил $24,7 \pm 2,0$, в контрольной группе $23,9 \pm 2,1$ кг. Исследования молока по таким показателям, как кислотность, массовая доля жира, белка и сухого обезжиренного остатка, плотность, количество соматических клеток, редуцтазная проба, характеризующим потребительские и технологические качества молока, не показали разницы между опытной и контрольной группами. Содержание нормируемых токсических элементов (свинца, мышьяка, кадмия, ртути) в молоке подопытных животных не превышало требования ТР ТС № 021/2011 [9].

За период опыта удельная концентрация цезия-137 в контрольной группе составила 5,93 Бк/кг, в опытной – 2,22 Бк/кг, что на 3,71 Бк/кг оказалось меньше. При этом вынос ^{137}Cs с молоком в контрольной группе за время опыта при среднем удое 23,9 кг и содержании радионуклида 5,93 Бк/кг составил 14173 Бк, в опытной группе при среднем удое 24,9 кг и содержании радионуклида 2,22 Бк/кг – 5528 Бк, что на 8645 Бк меньше [9].

В четвертом опыте изучали эффективность использования УФС в дозе 40 г/голову на конеферме Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Согласно схеме проведения эксперимента, были отобраны 6 голов взрослых лошадей и разделены на две группы – контрольную и опытную.

Достоверное снижение содержания цезия-137 в мышечной ткани опытной группы подопытных лошадей было установлено с 10 по 30 сутки эксперимента. Так, разница показателей между контрольной и опытной группами на 10, 15, 25 и 30 сутки соответственно составили 65,3, 68, 8, 273,0 и 108,0 Бк/кг. В среднем за время эксперимента удельная активность мышечной ткани в опытной группе оказалась на 112,5 Бк/кг или на 15,1 % ниже, чем в контроле.

Для исследования показателей крови лошадей её пробы отбирались в начале и в конце опыта. Биохимические и гематологические показатели лошадей сравнивались с показателями крови здоровых лошадей в нормальном физиологическом состоянии, соответствующих

половозрастным характеристикам, а также показателей между группами до опыта и в конце опыта. Как следует из анализа сравнения средних результатов по группам животных биохимических показателей с диапазоном справочных значений для здоровых лошадей, то показатели общего белка, альбуминов, холестерина, тиреоглобулина АЛТ, ЛДГ, щелочной фосфатазой, АСТ, глюкозы, магния, железа, кальция, хлоридов, мочевины, мочевой кислоты, креатинина, фосфора, натрия, калия, а также гематологические показатели количества эритроцитов, гемоглобина, тромбоцитов, и лейкоцитов между группами имели практически близкие значения и достоверно не различались [11].

Заключение. Анализ результатов исследований свидетельствует, что УФС белорусского производства можно использовать в качестве добавки в рационы для снижения накопления цезия-137 в организме сельскохозяйственных животных: в составе рационов для кроликов в дозах 2 и 4 г/голову, бычков на откорме, лактирующих коров и лошадей в дозе 40 г/голову. Сорбент не оказывает отрицательного влияния на потребление кормов, прирост живой массы, молочную продуктивность, качество продукции, показатели крови животных.

Литература

1. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99). Гигиенический норматив № 10-117-99 : утв. постановлением Главного гос. санитарного врача Респ. Беларусь 26.04.1999 : введ. 30.04.1999.. – Минск : М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 1999. – 6 с.
2. Подоляк, А. Г. Научные аспекты сельскохозяйственного производства в постчернобыльских условиях : монография / А. Г. Подоляк, В. В. Валетов, А. Ф. Карпенко. – Мозырь : МГПУ им. И.П. Шамякина, 2017. – 242 с.
3. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.
4. Карпенко, А. Ф. Эколого-экономические проблемы агропроизводства Гомельской области после Чернобыльской катастрофы: монография / А. Ф. Карпенко. – Брянск : Дельта, 2012. – 258 с.
5. 35 лет после чернобыльской катастрофы : итоги и перспективы преодоления ее последствий : Национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС МЧС Республики Беларусь. – Минск, 2020. – 152 с.
6. Карпенко, А. Ф. Радиоэкологические проблемы сельского населения на загрязненной территории / А. Ф. Карпенко // Проблемы социально-экономического и правового обеспечения инновационного развития Беларуси : материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции, Гомель, 3 февраля 2012 г. /под общей ред. С. И. Ляха. – Гомель : Гомельский филиал Международного университета «МИТСО», 2012. – Ч. 2. – С. 105–108.
7. НПП «Эксорб» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://eksorb.com/>. – Дата доступа : 20.04.2023.
8. Композиционный энтеросорбент на основе торфяного активированного угля / А. Э. Томсон [и др.] // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 128–133.
9. Антипенко, О. Н. Эффективность применения углеродного ферроцинсодержащего сорбента в рационах лактирующих коров и кроликов / О. Н. Антипенко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2023. – Т. 68, № 3. – С. 249–256.
10. Проблемы радиационной реабилитации загрязненных территорий / Ю. М. Жученко, В. С. Аверин, С. К. Фирсакова [и др.] ; под ред. В. Ю. Агееца. – Гомель : РНИУП «Институт радиологии», 2004. – С. 46.
11. Царенок, А. А. Показатели крови лошадей Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / А. А. Царенок, А. Ф. Карпенко, О. Н. Антипенко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. – Горки, 2022. – Вып. 25, ч. 2. – С. 259–265.

¹Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

²Институт радиобиологии НАН Беларуси