

УДК 614.876(476.2)

Степень экстрагируемости ^{137}Cs из сена (опыты *in vitro*)

Е. И. ДЕГТЯРЕВА

Введение

В настоящее время доза внутреннего облучения населения практически полностью определяется продуктами питания. Потребление продуктов животноводства, в основном молока, произведенного на загрязненной радионуклидами территории, является одним из основных источников внутреннего облучения населения, проживающего на этой территории. Актуальной является проблема поиска дешевых и эффективных мероприятий, способствующих уменьшению перехода ^{137}Cs из суточного рациона животных в их продукцию. Это связано с тем, что сейчас наиболее эффективным механизмом уменьшения всасывания в желудочно-кишечном тракте животных является ионообменная сорбция. В качестве сорбентов для снижения резорбции радиоактивного цезия зарекомендовали себя гексацианоферраты. Введение ферроцина в суточный рацион животных способствует увеличению себестоимости производимой продукции (молока). При выборе других мероприятий способных снижать переход ^{137}Cs из рациона в молоко необходимо учитывать ряд требований, предъявляемых к ним, они не должны оказывать отрицательного воздействия на организм животного, снижать качественных показателей продукции и быть дешевыми.

Перспективным направлением решения поставленной проблемы является введение грубых кормов в суточный рацион крупного рогатого скота [1]. Вместе с тем данный вопрос недостаточно проработан.

Данная работа посвящается научно-методическому обоснованию степени высвобождения ^{137}Cs из грубых кормов, выращенных на территории радиоактивного загрязнения.

Для прогноза уровня содержания ^{137}Cs в продуктах питания (молоке) необходимо знать коэффициент доступности радионуклида (КД) из корма в желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) животного. Коэффициент доступности радионуклидов зависит от 2-х параметров: один из них – истинный коэффициент всасывания (ИКВ) определяет максимальную способность перехода радионуклида через слизистую оболочку кишки и может считаться константой в силу физиологии животного и физико-химической природы радионуклида. Второй, взаимосвязанный параметр с КД, назовем экстрагируемой долей радионуклида (ЭДР), он меняется в зависимости от вида корма, химической природы радионуклида и представляет собой его долю, которая способна всосаться в желудочно-кишечном тракте животного и перейти в молоко. Коэффициент доступности радионуклидов представляет собой произведение этих двух величин:

$$\text{КД} = \text{ИКВ} * \text{ЭДР}$$

Коэффициент перехода ^{137}Cs из суточного рациона коров в молоко (КП_{сут.рацион-молоко}) находится в прямой пропорциональной зависимости от КД радионуклида в желудочно-кишечном тракте животных. Поэтому, зная коэффициент доступности данного радионуклида, можно спрогнозировать его концентрацию в молоке крупного рогатого скота.

Для оценки коэффициента доступности ^{137}Cs из сена был использован метод, разработанный Н. Бересфордом и Д. Синглтон, 1991 [2].

Процент экстрагируемости ^{137}Cs из корма рассчитывали по формуле:

$$\% \text{Э} = [^{137}\text{Cs}_{\text{ф-те}}] / [^{137}\text{Cs}_{\text{обр}}] * 100\%,$$

где $\% \text{Э}$ – процент экстрагируемости ^{137}Cs из образца, %;
 $^{137}\text{Cs}_{\text{ф-те}}$ – концентрация ^{137}Cs в фильтрате, Бк;
 $^{137}\text{Cs}_{\text{обр}}$ – концентрация ^{137}Cs в образце, Бк.

Материалы и методы исследования

Методика препарирования объектов исследования предусматривала приготовление водных цезиевых вытяжек из сена различного качества. Данный вид корма был заготовлен на территории населенного пункта Шерстин колхоза "Октябрь", который расположен в 20 км к северо-западу от районного центра Ветка и в 34 км от г. Гомель.

Одинаковые навески сена (3г) выдерживали в дистиллированной воде в течение 2,5 – 240 минут, периодически перемешивая раствор. Аналогично приготавливали кислотную цезиевую вытяжку, применяя вместо воды 0,1Н раствор соляной кислоты. Твердая фаза (сено) и жидкая фаза (цезиевая вытяжка) исследовались на наличие ^{137}Cs . Процент экстрагируемости радионуклида (%Э) из корма, являющийся определяющим параметром КД, вычислялся по формуле 2. В методике эксперимента проверялась оптимальность соотношения твердой фазы к жидкой 1:20 в плане максимальной экстрагируемости. Результаты спектрометрии математически обрабатывались по разработанной для данного эксперимента методике.

$$A_{\text{общ}} = A_{\text{э-та}} + A_{\text{сена}}$$

$$A_{\text{э-та}} = A_{1 \text{ э-та}} + A_{2 \text{ э-та}}$$

где $A_{1 \text{ э-та}}$ – удельная активность экстракта, полученного в ходе опыта, Бк/л;
 $A_{2 \text{ э-та}}$ – удельная активность фильтрата, поглощенного сеном, Бк/л;

$$A_{1 \text{ э-та}} = A_{1 \text{ э-та}}^I \cdot V_{1 \text{ э-та}}$$

$$A_{2 \text{ э-та}} = A_{2 \text{ э-та}}^I \cdot V_{2 \text{ э-та}}$$

$$V_{\text{э-та}} = V_{1 \text{ э-та}} + V_{2 \text{ э-та}}$$

где $A_{1 \text{ э-та}}^I$ – активность экстракта, полученного в опыте, Бк/пр;
 $A_{2 \text{ э-та}}^I$ – активность экстракта, поглощенная сеном, Бк/пр;
 $V_{1 \text{ э-та}}$ – объем экстракта, полученного в опыте, мл;
 $V_{2 \text{ э-та}}$ – объем экстракта, поглощенного сеном, мл.

$$A_{\text{сена общ.}} = A_{\text{сена}} - A_{2 \text{ э-та}}$$

$$A_{\text{сена}} = A_{\text{сена}}^I \cdot m_{\text{сена}}$$

$$m_{\text{сена}} = m_{\text{получ.сена}} - m_{\text{э-та}}$$

$$m_{\text{ф-ра}} = 0,005 \text{ кг,}$$

где $A_{\text{сена}}$ – удельная активность сена, Бк/кг;
 $A_{\text{сена}}^I$ – активность сена, Бк/пр;
 $m_{\text{сена}}$ – масса сена, кг;

Статистическая обработка результатов исследований проводилась с использованием пакета статистических программ "Statistica" версии 5.0.

Гамма – спектрометрию проб проводили на комплексах: TENNELEC и CANBBERA производства США с полупроводниковыми коаксиальными диффузионно-дрейфовыми детекторами из сверхчистого германия.

Результаты и их обсуждение

Влияние качества сена на степень экстрагируемости ^{137}Cs из него водой

В связи с неправильной заготовкой и хранением сена до 40% данного корма приходит в непригодное для скармливания животным состояние. Неклассные корма зачастую включают в рацион дойного стада и ремонтных телок, что приводит к снижению удоев и жирности молока, а также к уменьшению привесов животных. Необходимо было выяснить, влияет ли качество корма на степень экстрагируемости из него ^{137}Cs .

Качество сена определяли как визуально: по цвету, запаху, ботаническому составу трав, консистенции; так и в результате зоотехнического его анализа. По результатам зоотехнического анализа отобранные пробы сена относятся к 1 и 3 классам. В эксперименте была

установлена степень экстрагируемости ^{137}Cs из сена 1 и 3 классов. Статистически обработанные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Степень экстрагируемости ^{137}Cs из сена 1 и 3 классов, (%)

t, мин	V ₁ , мл	A _{1 э-т} , Бк/л	V ₂ , мл	A _{2 э-т} , Бк/л	A _{э-т} , Бк/л	m _с , г	A _с , Бк/кг	A _{общ} , Бк/кг	% ВЫХОД ^{137}Cs
Степень экстрагируемости ^{137}Cs из сена первого класса									
15	46	4054	14	13321	17375	3,5	95179	112554	15
30	45	5633	15	16900	22533	3,5	80267	102800	22
60	44,5	5494	14,5	16862	22356	3,7	87138	109494	20
90	44,5	6236	14,5	19138	25374	3,6	69862	95236	26
120	41	6695	19	14447	34142	3,4	80553	101695	33
240	39,5	8253	20,5	15902	34155	3,7	46598	100753	34
Степень экстрагируемости ^{137}Cs из сена третьего класса									
15	35,8	5483	24,3	8082	20565	3,85	85418	98983	20
30	35	6286	25	8800	23086	3,9	77200	92286	25
60	41	6268	19	13526	22794	3,8	58307	71833	30*
90	39,5	6941	20,5	11512	18453	3,2	68488	86941	21
120	34	7811	26	20115	18926	3,65	83218	102144	19*
240	37	6734	23	21565	18299	3,4	76101	94400	19*

где в табл. 3 обозначены:

t, мин – время экстракции (мин);

V₁ – количество полученного экстракта (мл);

A_{1 э-т} – удельная активность экстракта (Бк/л);

V₂ – количество экстракта сорбированного сеном;

A_{2 э-т} – удельная активность экстракта сорбированного сеном (Бк/л);

A_{э-т} – общая удельная активность экстракта (Бк/л);

m_с – масса сена (г);

A_с – удельная активность сена (Бк/кг);

A_{общ} – сумма активностей сена после экстрагирования из него ^{137}Cs и экстракта

% выход ^{137}Cs – экстрагируемость ^{137}Cs из сена (%);

*-достоверное различие по сравнению с контролем при p < 0,05, а остальные результаты достоверны при p < 0,1.

В ходе процессов разложения в сене произошли биохимические изменения, как в клеточных стенках, так и в клетках растений, составляющих этот вид корма.

В связи с тем, что сено сорбирало некоторое количество экстракта, а в дальнейшем оно высушивалось, то часть радионуклидов, вышедшая в вытяжку, вторично была поглощена сеном.

Разрушение в ходе гнилостных процессов органических веществ и частичное разрушение клеточных стенок в сене 3-го класса привело к быстрому выходу ^{137}Cs из него в течение 1,5 часовой экстракции – 30%. Однако за четыре часа экстрагирования ^{137}Cs из сена первого и третьего классов в водную среду перешло 34% и 19%, соответственно.

Таким образом, за 4 часа экстракции из сена 1-го класса в экстракт перешло в 1,79 раза больше ^{137}Cs , чем из сена 3-го класса. При гниении клетчатки в ней реализуется процесс микрофазного разделения лигнина и гемицеллюлоз, находящихся в состоянии вынужденного смешивания. Это приводит к дополнительной структурной активации клетчатки сена за счет увеличения свободного объема межфазных лигноуглеводных областей. Поэтому можно предположить, что клетчатка способна сорбировать на себя ^{137}Cs из водных сред.

Влияние pH среды на степень экстрагируемости ^{137}Cs из сена

Значения pH среды в желудочно-кишечном тракте жвачных животных изменяются следующим образом: в ротовой полости pH 8,5-9, в рубце – 7,3, в сетке – 6,1, книжке – 5,7, в сычуге от 1 до 3, в тонком кишечнике 9,5, в толстом кишечнике – 10,3 [3].

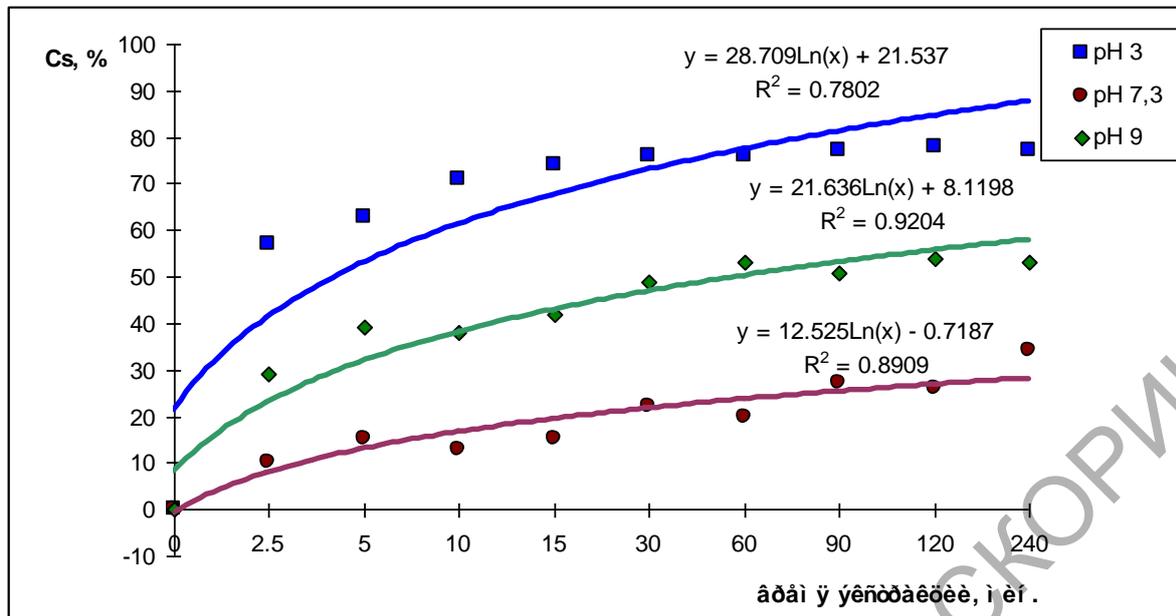


Рисунок 1 – Влияние изменения pH среды на степень экстрагируемости ^{137}Cs из сена

В результате проведенных исследований получены сведения о влиянии изменения pH среды (от кислой до щелочной) на степень экстрагируемости ^{137}Cs из сена. Результаты исследований представлены графически на рис. 1.

Степень экстрагируемости ^{137}Cs из сена выше в кислой по сравнению со слабощелочной средой в 1,5 раза, соответственно (при $p < 0,05$). Можно предположить, что степень высвобождения ^{137}Cs зависит от степени разрыхления клеточных стенок. Кислая среда раствора, воздействуя на целлюлозу клеточных стенок, разрушает ее. Деструктивное действие соляной кислоты приводит к изменению физико-химических свойств целлюлозных волокон, т.е. происходит к частичному осахариванию целлюлозы. Продукты распада (целодекстрины, глюкоза) переходят в раствор. Все это приводит к нарушению целостности клеточных стенок, тем самым способствуя быстрому выходу ^{137}Cs из сена в раствор.

Влияние механической обработки сена на степень экстрагируемости ^{137}Cs

Консистенция содержимого рубца жвачных животных зависит от соотношения кормовых частиц разного размера. Размер частиц зависит от рациона: так, в рубце до 16% пищевых частиц имеют размеры до 4 мм; 9% – до 2 мм; 15% – до 1мм; 17% – до 0,5 мм; 43% – до 0,25мм [4].

То есть в рубце половина корма находится очень в измельченной форме. В связи с вышеизложенным были проведены лабораторные опыты по изучению зависимости экстрагируемости ^{137}Cs из сена от степени измельчения корма. Объектом исследования являлось сено, измельченное до 1 см, и сено, измельченное в электрической мельнице до пылеобразного состояния. Полученные результаты приведены на рис. 2.

Зависимость высвобождения ^{137}Cs из сена и сенной муки в водную среду описываются следующей функцией $y=a+b \ln x$, однако для сена $a=12,599728$ и $b= 2,446422$, а для сенной муки $a=52,363174$ и $b= 7,6606922$. Из полученных результатов, которые графически отражены на рис. 4, видно, что механическая обработка значительно увеличила выход ^{137}Cs из образцов одного вида корма в экстракт (на 60%). Это связано с увеличением площади контакта корма с экстрагентом при измельчении.

Механизм экстракции ^{137}Cs из сенной муки в отличие от такового из сена носит более равномерный характер. Степень измельчения сена значительно увеличивает долю экстрагируемого из него ^{137}Cs (выход ^{137}Cs в экстракт на 60% больше из сенной муки, чем из сена).

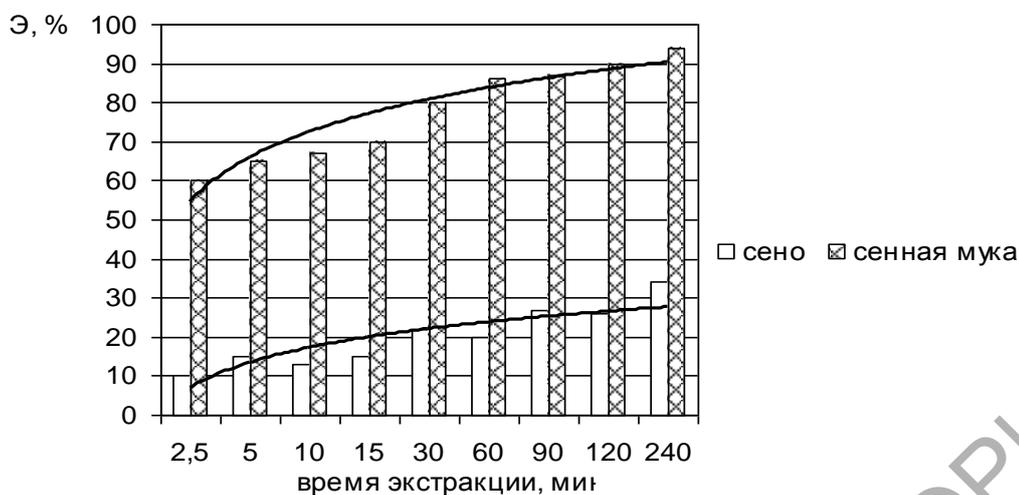


Рисунок 2 – Зависимость высвобождения ^{137}Cs из сена от степени его измельчения. Логарифмические линии тренда

Заключение

• Таким образом, в ходе проведения лабораторных опытов нами установлено, что за 4 часа экстракции из сена 1-го класса в экстракт перешло в 1,79 раза больше ^{137}Cs , чем из сена 3-го класса. При гниении клетчатки в ней реализуется процесс микрофазного разделения лигнина и гемицеллюлоз, находящихся в состоянии вынужденного смешивания. Это приводит к дополнительной структурной активации клетчатки сена за счет увеличения свободного объема межфазных лигноуглеводных областей. Поэтому можно предположить, что клетчатка способна сорбировать на себя ^{137}Cs из водных сред.

• Степень экстрагируемости ^{137}Cs из сена выше в кислой, чем в щелочных средах в 1,5 раза соответственно (при $p < 0,05$).

• Механическое измельчение сена приводит к увеличению экстрагируемости из него ^{137}Cs на 60%.

Резюме. В работе аргументирована возможность прогноза концентрации ^{137}Cs в молоке крупного рогатого скота (КРС), находящегося на территории радиоактивного загрязнения. Поступление ^{137}Cs в молоко зависит от перехода ^{137}Cs из почвы в состав кормов, входящих в суточный рацион. Процент экстрагируемости радионуклида зависит от качества грубых кормов и степени их деструкции.

Abstract. The possibility of predicting the ^{137}Cs concentration in the milk of the cattle living in contaminated areas is considered in the paper.

Литература

1. Киршин, В.А. Ветеринарная радиобиология / А.Д. Белов, В. А. Бударков. – М.: Агропромиздат, 1986. – 175 с.
2. Beresford N.A., Mayes R.W., Singleton D.L., Howard B.J., Eayres H.F., Lamb C.S., Livens F.R. & Barnett C.L. Development of a method to rapidly predict the availability of radiocaesium: Final report to Ministry of Agriculture Fisheries and Food; B.J. Howard.– №ТО7051fl.– Grange/– oven–Sands, 1991. – 51 p.
3. Георгиевский, В.И. Физиология сельскохозяйственных животных / В.И. Георгиевский.– М.: Агропромиздат, 1990. – 591 с.
4. Курилов, Н.В. Физиология и биохимия пищеварения жвачных / Н.В. Курилов. – М.: Книга, 1971. – 670 с.