

УДК 633.2.033:539.16.04:504.5:546.36*137:637.5:637.1

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТРАВСТОЯ И ПЛОТНОСТИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕХОДА ^{137}Cs В МОЛОЧНО-МЯСНУЮ ПРОДУКЦИЮ КРС

Н. И. Карпенко

аспирант

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

С. Ф. Тимофеев

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

Проводили исследования поймы р. Сож, было установлено, что при выгульном содержании КРС в летний период в качестве корма можно использовать злаки и осоки при различной Q_n . Введение в рацион КРС представителей подгруппы бобовые возможно лишь при Q_n 35 Ки/км² для выращивания молодняка на мясо. При стойловом содержании КРС в зимний период рекомендуется использовать в рационе скота сено, заготавливаемое из подгруппы многолетних злаковых трав. Между тем возможно введение в рацион КРС сена, заготавливаемого, в том числе из подгруппы многолетних бобовых трав при Q_n 35 и 14 Ки/км², как для выращивания молодняка КРС на мясо, так и для лактирующих коров. Полученные результаты обуславливают комбинированное влияние параметров Q_n и A на изменение значений КП (около 96%).

Ключевые слова: пойма, миграция ^{137}Cs , молочно-мясная продукция, травянистые корма, крупный рогатый скот.

Введение

Развитие сельского хозяйства – это неотъемлемая составляющая экономики всего мира. В условиях конкуренции на мировом рынке создается спрос на качественные продукты питания. В сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь важная роль отводится молочно-мясной промышленности, которая является важнейшим фактором развития устойчивой и стабильной экономики. Качество мясо-молочной продукции обусловлено многими факторами, в том числе содержанием радионуклидов.

Радиационное загрязнение представляет собой один из параметров, понижающих качества такой продукции. Потребление загрязненной радионуклидами пищи приводит к повышению доз внутреннего облучения населения [1]. Как известно, качество молочно-мясной продукции в немалой степени зависит от рациона сельскохозяйственных животных. Неотъемлемая часть последнего – это объемы потребления и качество заготавливаемых кормов.

После катастрофы на ЧАЭС значительные площади луговых сообществ в поймах рек Днепр, Сож, Припять и их притоков оказались загрязнены долгоживущими радионуклидами; из состава сельскохозяйственных были выведены земли, загрязненные ^{137}Cs более 40 Ки/км², и вошедшие в состав зон отчуждения и отселения. Площадь таких земель составила 216,3 тыс. га в Гомельской и 47,0 тыс. га в Могилевской областях [2, 3].

© Карпенко Н. И., Тимофеев С. Ф., 2026

В настоящее время в сельскохозяйственном пользовании нашей страны находится около 848 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью от 1 до 40 Ки/км², из которых 39,4% находятся в Гомельской и 19,7% в Могилевской областях. Как известно, основной задачей кормопроизводства является заготовка и производство кормов, соответствующих действующим нормативам [4]. Пойменные луга являются важнейшими экосистемами, используемыми в качестве сенокосно-пастбищных угодий.

В условиях радиоактивного загрязнения заливных лугов ^{137}Cs мигрирует в звене почва-растение-организм животного [5, 6]. Необходимо отметить, что пойменные луга даже при низкой плотности радиоактивного загрязнения (от 111 кБк/м² или от 3,0 Ки/км²) могут быть источником получения кормов с повышенным содержанием радионуклидов [7].

Луга в Республике Беларусь занимают более 3,2 млн га, на долю пойменных приходится 5,2 % лугов. В Гомельской области всего 0,6 млн га лугов, из них пойменных – 92,1 тыс. га или более половины (54,6 %) всех пойм Беларуси. Значительные площади заливных лугов Гомельщины связаны с поймой рек Сож и Припять. Природные луга в пойме р. Сож являются важными природно-ландшафтными комплексами и ценными естественными кормовыми угодьями [8]. Поймы используются в основном для выгульного содержания крупного рогатого скота (далее КРС) в летний период. Основным компонентом рациона КРС при таком содержании является зеленый корм. В этом случае зеленые корма определяются как референтный компонент рациона. Стоит отметить существующие отличия между рационами кормления лактирующих коров, а также КРС, выращиваемого на мясо при стойловом содержании в зимний период.

Основой рациона лактирующих коров в зимне-стойловый период содержания в большинстве случаев служат грубые корма, одним из которых является сено, а также различные концентраты, тогда как при откорме животных на мясо основной вклад в рацион вносит силос [9, 10, с. 42]. Так или иначе, поймы играют важную роль в сельскохозяйственном производстве, являясь источником получения дешевых кормов.

По нашему мнению, в условиях радиоактивного загрязнения необходимо продолжение мониторинговых исследований заливных лугов, которые используются в сельском хозяйстве как в качестве пастбищ, так и в качестве сенокосов.

Так как точность прогнозирования накопления ^{137}Cs в сочных и грубых кормах зависит от значений показателей коэффициента пропорциональности или перехода (далее КП), которые, в свою очередь, изменяются под воздействием следующих факторов: тип почвы и ее свойства, время поступления радионуклидов в почву, климатические условия и др., в виду этого необходимо регулярно актуализировать их значения.

В наших исследованиях изучали фрагмент поймы р. Сож, который с различной регулярностью используется в качестве пастбища для КРС. Исследуемый фрагмент поймы располагается в окрестностях нп. Шерстин Ветковского района Гомельской области.

Цель исследования: на основании изучения параметров миграции ^{137}Cs в звене почва-растение-организм оценить переход ^{137}Cs в мясо-молочную продукцию КРС при различной плотности загрязнения.

Задачи исследования:

1) Оценить значения коэффициента пропорциональности или перехода в звене почва-растение для травостоя пойменного луга.

2) Определить концентрацию ^{137}Cs ($A_{\text{пр}}$) в мясо-молочной продукции при различной плотности загрязнения ($Q_{\text{ц}}$).

3) Выявить влияние биологических особенностей растений и плотности радиоактивного загрязнения на прогнозные параметры накопления ^{137}Cs в молоке и мясе.

Методы исследования: полевой, гамма-спектрометрический, статистический анализ. Полевые исследования проводились путем отбора проб растительных образцов в фазе укосной спелости. Растения срезали, после чего с помощью «Определителя высших растений Беларуси» [11], а также пакетов цифровых прикладных программ PlantNet и PictureThis определяли видовой состав растительности. Сопреженные почвенные образцы отбирали методом учетных площадок. Для определения плотности загрязнения выполняли отбор кернов почвы послойно, шагом 5 см, на глубину до 20 см специализированным пробоотборником с внутренним диаметром 8,3 см. Конструкция прибора минимизировала смещение слоев почвы. Среднюю пробу для спектрометрирования отбирали методом квартования [12 с. 17–19]. В камеральных условиях путем использования бета-гамма-спектрометра МКС-АТ1315 изучали параметры содержания ^{137}Cs в почвенно-растительных пробах. Спектрометрический анализ отобранных проб выполняли в Институте радиобиологии НАН Беларуси. Статистическую обработку результатов исследований проводили по Б. А. Доспехову [13].

Основная часть

Как упоминали ранее, проводили исследования фрагмента пойменного луга р. Сож. На территории поймы периодически осуществляют летний выпас КРС. Данная периодичность имеет нерегулярный характер, в целом пойма используется в качестве пастбища в основном в летнее время. Кроме того, некоторые фрагменты луговых угодий задействованы в качестве объектов для заготовки сена.

На основании ранее проведенных исследований путем анализа удельной активности ^{137}Cs в почвенных образцах было установлено, что средняя плотность загрязнения ($Q_{\text{ц}}$) изучаемой территории радионуклидом ^{137}Cs варьировала от 1288 кБк/м² в 2019 г., 540 кБк/м² в 2022 г. до 532 кБк/м² в 2025 г. или 35 Ки/км² в 2019 г., 15 Ки/км² в 2022 г. и 14 Ки/км² в 2025 г. Такая вариабельность параметров загрязнения, вероятно, обусловлена неравномерностью и нерегулярностью затопления поймы.

Необходимо отметить, что до 2015 г. затопление пойменного луга наблюдалось систематически. Начиная с 2015 г., на фоне изменения климата нами было отмечено прекращение затопления поймы вплоть до 2021 года. После длительного периода отсутствия затопления пойменного луга в весенний период 2022 г. было зафиксировано половодье, которое прослеживалось до 2025 г. включительно. По данным Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», а также нашим наблюдениям, в результате сезонных паводков в Гомельской области отмечалось повышение уровня воды в реке Сож, а также на изучаемом участке. Вероятно, такие колебания в периодичности затопления поймы обуславливают неравномерность распределения радионуклида по горизонтам почвы, что выражается в полученных значениях плотности загрязнения.

При проведении исследований на заранее подготовленных площадках, используемых для выпаса скота, а также заготовки грубых кормов, отбирали пробы растений. Растительные образцы представлены злаковыми, бобовыми, разнотравными и осоковыми агроботаническими подгруппами. Отобранные растения разбирали и анализировали по видовому и агроботаническому составу. После чего высушивали до воздушно-сухого состояния, затем дополнительно просушивали в сушильном шкафу при температуре 60 °С до постоянной массы [14, с. 3–9], в последующем измельчали на роторной мельнице и определяли удельную активность ¹³⁷Cs. При спектрометрировании растительных образцов использовали сосуд Маринелли объемом 0.5 л. Такая геометрия сосуда обеспечивает наилучшую плотность наполнения, необходимую для получения наиболее достоверных результатов удельной активности ¹³⁷Cs в изучаемых пробах растений. Плотность радиоактивного загрязнения (Q_п) определяли путем пересчета удельной активности ¹³⁷Cs в Бк/кг на массу почвы на 1 м², то есть кБк/м².

При проведении исследований, на основании рациона КРС, корма подразделяли на две группы.

– Зеленая масса (влажность 82%) – при пастбищном кормлении в летний период. Эту группу подразделяли на агроботанические подгруппы растений (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты значений КП ¹³⁷Cs в изучаемых агроботанических подгруппах в зависимости от Q_п

№ п.п.	Агроботаническая подгруппа	Год	Q _п кБк/м ² / Ки/км ²	КП Бк/кг:кБк/м ²
1	злаковые	2019	1288 / 35	0,03
		2022	540 / 15	0,15
		2025	532 / 14	0,17
2	Бобовые	2019	1288 / 35	0,15
		2022	540 / 15	0,56
		2025	532 / 14	0,47
3	разнотравье	2019	1288 / 35	0,10
		2022	540 / 15	0,32
		2025	532 / 14	0,36
4	осоковые	2019	1288 / 35	0,04
		2022	540 / 15	0,20
		2025	532 / 14	0,11

– Сено (влажность 16%) – кормление КРС при стойловом содержании в зимний период, представлено двумя подгруппами (таблица 2):

Таблица 2 – КП ¹³⁷Cs в изучаемых подгруппах в зависимости от Q_п

№ п.п.	Подгруппа	Год	Q _п кБк/м ² / Ки/км ²	КП Бк/кг:кБк/м ²
1	многолетние злаковые травы на пойменных землях	2019	1288 / 35	0,13
		2022	540 / 15	0,71
		2025	532 / 14	0,78
2	многолетние бобовые травы на пойменных землях	2019	1288 / 35	0,68
		2022	540 / 15	2,56
		2025	532 / 14	2,16

Для определения концентрации радионуклида в сене использовали коэффициент перехода или пропорциональности (КП), формула 1.

$$КП = A / Q_n \text{ (1)},$$

где КП – коэффициент перехода или пропорциональности Бк/кг:кБк/м²,
A – удельная активность Бк/кг,
Q_n – плотность загрязнения почвы кБк/м².

Для зеленой массы при расчете значений КП вводили поправочный коэффициент, который равен 4,6 [8, с. 156], в результате чего формула 1 имела вид:

$$КП = (A / 4,6) / Q_n \text{ (2)}$$

Для определения накопления ¹³⁷Cs в молоке и мясе КРС в зависимости от кормовой подгруппы и Q_n использовали формулу 3 [15, с. 264–265]:

$$A_{пр} = КП \times Q_n \text{ (3)},$$

где A_{пр} – концентрация радионуклида в продукте (кормовой подгруппе) для получения молока-говядины Бк/кг,

КП – коэффициент перехода радионуклида из почвы в продукт Бк/кг:кБк/м²,
Q_n – содержание радионуклида в почве кБк/м².

Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Прогноз концентрации ¹³⁷Cs в продукте (молоке-говядине) в зависимости от кормовой подгруппы и Q_n

Год	Q _n кБк/м² / Ки/км²	Группа корма	Кормовая подгруппа	A _{пр} , Бк/кг	РДУ для получения мяса, Бк/кг	РДУ для получения молока цельного, Бк/кг
2019	1288 / 35	Зеленая масса	злаковые	37	240	165
2022	540 / 15			83		
2025	532 / 14			89		
2019	1288 / 35		бобовые	189		
2022	540 / 15			301		
2025	532 / 14			250		
2019	1288 / 35		разнотравье	128		
2022	540 / 15			174		
2025	532 / 14			191		
2019	1288 / 35		осоковые	55		
2022	540 / 15			110		
2025	532 / 14			58		
2019	1288 / 35	Сено	многолетние злаковые травы на пойменных землях	168	1300	
2022	540 / 15			383		
2025	532 / 14			411		
2019	1288 / 35		многолетние бобовые травы на пойменных землях	870		
2022	540 / 15			1384		
2025	532 / 14			1152		

Полученные результаты исследований анализировали в соответствии с «Республиканскими допустимыми уровнями содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в сельскохозяйственном сырье и кормах» [16].

Было установлено, что прогнозные оценки превышения действующих нормативов могут быть в следующих случаях:

1. При использовании зеленой массы растений подгруппы бобовые на корм скоту для заготовки молока цельного. Прогноз превышения нормативов просчитан как при 35, так и 14, 15 Ки/км². Для подгруппы разнотравье превышения допустимых уровней могут быть как при Q_н 15 Ки/км² (2022 г.) – 174 из допустимых 165 Бк/кг, так и при Q_н загрязнения 14 Ки/км² (2025 г.) – 191 из 165 Бк/кг.

2. При использовании зеленой массы растений подгруппы бобовые для заключительного откорма при Q_н 15 Ки/км² (2022 г.) – 301 из допустимых 240 Бк/кг, а также при Q_н 14 Ки/км² (2025 г.) – 250 из 240 Бк/кг.

3. При использовании для заготовки сена на корм скоту представителей подгруппы многолетние бобовые травы на пойменных землях с Q_н 15 Ки/км² (2022 г.) – 1384 из допустимых 1300 Бк/кг.

Проведенная прогнозная оценка содержания радионуклида в мясо-молочной продукции позволяет ранжировать травянистые корма по следующим категориям:

1. Условно чистый зеленый корм. Корм используемый при выгульном содержании КРС в летний период, в который входят злаки и осоки (Q_н 35, 15, 14 Ки/км²). Установлено, что Q_н не оказывает существенного влияния на радиационное загрязнение такого корма. Однако отсутствие в рационе белка, который обеспечивается потреблением трав из подгруппы бобовые, не может обеспечить сбалансированное питание КРС. Введение в рацион КРС бобовых возможно при Q_н 35 Ки/км² для выращивания молодняка КРС на мясо.

2. Условно загрязненный корм. В данную группу входят многолетние бобовые травы на пойменных землях при Q_н 15 Ки/км². Возможно введение в рацион КРС данной подгруппы кормов если Q_н составляет 35 или 14 Ки/км² для заготовки сена при стойловом содержании, в том числе для лактирующих коров.

На основании поставленных задач производили расчеты КП радионуклида ¹³⁷Cs для изучаемого фрагмента поймы реки Сож при иных значениях плотности загрязнения почвы (таблица 4). Расчет осуществляли с помощью формул 1-2, используя среднюю удельную активность (A_{ср}), полученную на основании результатов исследования 2019-2025 гг. отдельно для конкретной агроботанической подгруппы.

Таблица 4 – Прогноз значений КП ¹³⁷Cs в зависимости от Q_н

Кормовая группа	Кормовая подгруппа	Q _н кБк/м ² / Ки/км ²	КП Бк/кг:кБк/м ²
зеленая масса	бобовые	1480 / 40	0,21
		1110 / 30	0,28
		740 / 20	0,42
		370 / 10	0,84
	злаковые	1480 / 40	0,05
		1110 / 30	0,06
		740 / 20	0,09
		370 / 10	0,19

Продолжение таблицы 4

	разнотравье	1480 / 40	0,11
		1110 / 30	0,15
		740 / 20	0,22
		370 / 10	0,44
	осоковые	1480 / 40	0,05
		1110 / 30	0,07
		740 / 20	0,10
		370 / 10	0,20
Сено	многолетние бобовые травы на пойменных землях	1480 / 40	0,77
		1110 / 30	1,02
		740 / 20	1,53
		370 / 10	3,07
	многолетние злаковые травы на пойменных землях	1480 / 40	0,22
		1110 / 30	0,29
		740 / 20	0,43
		370 / 10	0,87

Оценку влияния Q_n на изменение значений КП проводили в программе STATISTICA версии 10 – это система для статистического анализа данных, включающая широкий набор аналитических процедур и методов, таких как корреляционный анализ, многомерная регрессия, методы кластеризации, а также предоставляющая пользователям возможность работать с более чем 100 типами графиков.

Для определения степени влияния одного параметра (Q_n) на другой (КП) выполняли регрессионный анализ путем моделирования результатов исследования. Регрессионный анализ помогает количественно оценить и смоделировать корреляцию между изменением Q_n и параметрами КП. Результаты моделирования представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты регрессионного анализа влияния Q_n на КП

Статистические показатели	Значения
множест. R	0,61
множест. R^2	0,39
скоррект. R^2	0,33
F (1, 12)	6,31
P	0,03
стандартная ошибка оценки	0,14

Значение 0,61 множественного коэффициента корреляции означает умеренную положительную связи между предиктором (Q_n) и зависимой переменной (КП). Зависимая переменная, то есть КП на 61% объясняется воздействием Q_n . Предиктор оказывает статистически значимое влияние ($p < 0.05$). Тем не менее, данная математическая модель объясняет лишь около трети вариации зависимой переменной ($R^2 \approx 0,39$). Это означает что лишь 39% изменчивости КП зависит от плотности загрязнения. Большая часть изменчивости объясняется другими факторами, в зависимости от контекста (или не включенными в модель или случайными).

Дополнительно проводили анализ проверки полученных данных на нормальность остатков (рисунок 1). Нормальность остатков позволяет убедиться в адекватности и надежности полученных результатов.

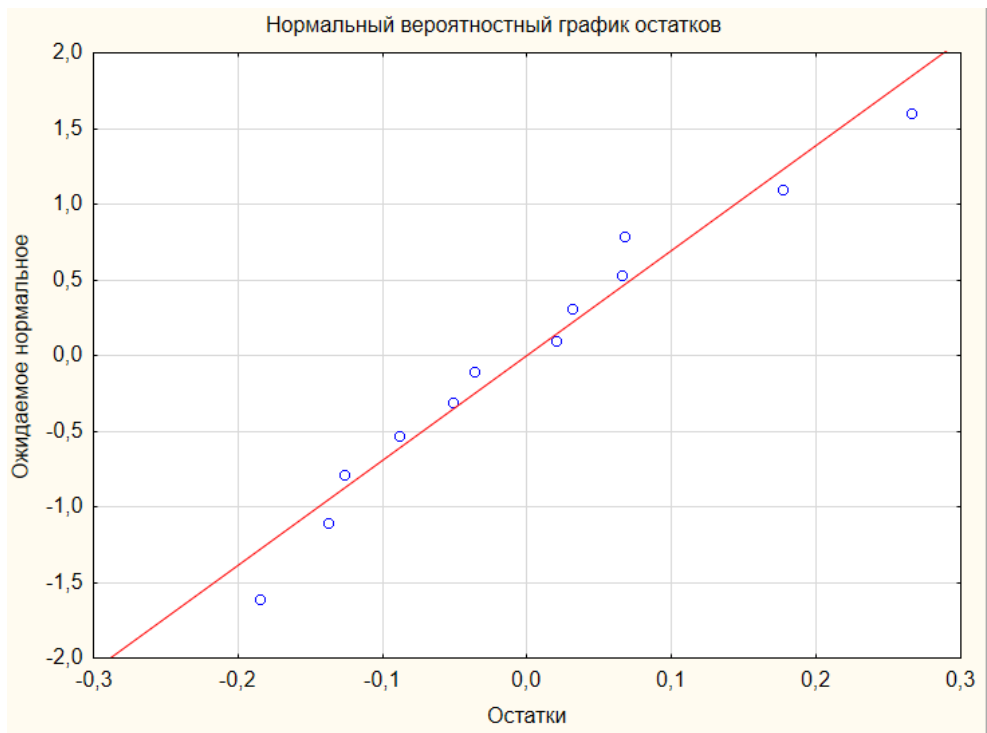


Рисунок 1 – Результаты анализа полученных данных на нормальность остатков

В приведенном анализе наблюдаемые значения довольно плотно укладываются вдоль теоретически ожидаемой прямой, это означает, что анализируемые данные подчиняются закону нормального распределения. Следовательно, модель адекватно оценивает используемые параметры.

Влияние совокупности параметров (Q_n , A) на КП определяли аналогичным способом. Полученные результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 –Результаты регрессионного анализа влияния Q_n и A на КП

Статистические показатели	Значения
множест. R	0,98
множест. R ²	0,96
скоррект. R ²	0,95
F (2, 9)	99,23
P	0,00000073
стандартная ошибка оценки	0,039

Полученная математическая модель объясняет примерно 98% вариации зависимой переменной. Около 96% объясняется совокупностью предикторов, что означает высокую объясняющую способность модели. Высокие значения R и R² свидетельствуют о сильной связи между предикторами и зависимой переменной. Приведенные данные обуславливают достоверность результатов, что означает

комбинированное влияние $Q_{\text{н}}$ и A на изменение значений КП. Отсюда следует, что модель очень хорошо описывает данные и является высоко прогнозной. Это высокий показатель, указывающий на то, что факторы в модели тесно связаны с тем, что она прогнозирует.

Возможность применения регрессионного анализа оценивали путем проверки однородности регрессии (рисунок 2).

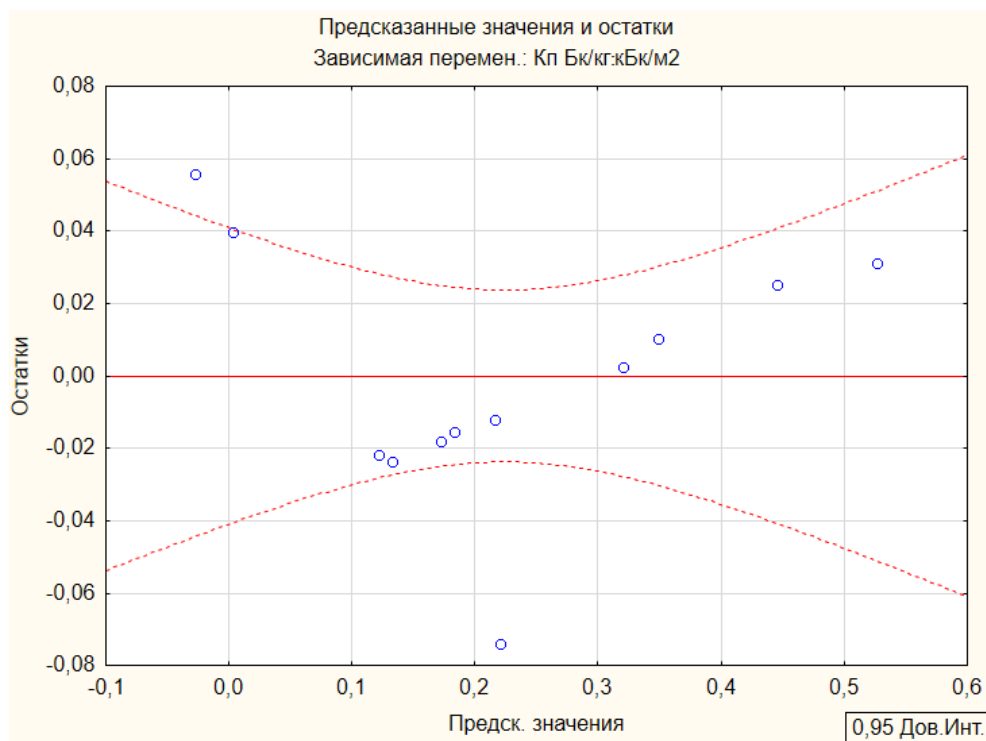


Рисунок 2 – Результат проверки однородности дисперсии

Так как точки на данном графике располагаются хаотично и каких-либо закономерностей не проявляется, это означает соблюдение исследуемых условий и объективность применения регрессионного анализа. Следовательно, модель адекватно оценивает используемые параметры.

Заключение

При выгульном содержании КРС в летний период в качестве корма можно использовать злаки и осоки как при $Q_{\text{н}}$ 14 Ки/км², так и при $Q_{\text{н}}$ 35 Ки/км². Установлено, что $Q_{\text{н}}$ не оказывает существенного влияния на радиационное загрязнение такого корма, однако отсутствие в рационе белка, которое обеспечивается потреблением трав из подгруппы бобовых, не может гарантировать сбалансированное питание КРС. Введение в рацион КРС представителей подгруппы бобовые возможно лишь при $Q_{\text{н}}$ 35 Ки/км², для выращивания молодняка на мясо.

При стойловом содержании КРС в зимний период рекомендуется использовать в рационе скота сено, заготавливаемое из подгруппы многолетних злаковых

трав. Между тем возможно введение в рацион КРС сена, заготавливаемого, в том числе из подгруппы многолетних бобовых трав при $Q_{\text{н}}$ 35 и 14 Ки/км², как для выращивания молодняка КРС на мясо, так и для лактирующих коров.

На основании проведенного статистического анализа было установлено, что 39% изменчивости КП зависит от плотности загрязнения. Большая часть изменчивости объясняется другими факторами в зависимости от контекста (или не включенными в модель или случайными). Полученные результаты обуславливают комбинированное влияние параметров $Q_{\text{н}}$ и A на изменение значений КП (около 96%).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Зубец, М. В.** Актуальные проблемы и задачи научного сопровождения производства сельскохозяйственной продукции в зоне радиоактивного загрязнения Чернобыльской АЭС / М. В. Зубец [и др.] // *Агроэкологічний журнал*. – 2011. – № 1. – С. 5–20.
2. **Алексахин, Р. М.** Радиоактивное загрязнение почв как тип их деградации / Р. М. Алексахин // *Почвоведение*. – 2009. – № 12. – С. 1487–1498.
3. **Карпенко, А. Ф.** Эколого-экономические проблемы агропроизводства Гомельской области после Чернобыльской катастрофы : моногр. / А. Ф. Карпенко. – Брянск : Дельта, 2012. – 258 с.
4. **Ласько, Т. В.** Параметры перехода ¹³⁷Cs в основные кормовые культуры в отдаленный постчернобыльский период / Т. В. Ласько, А. Ф. Карпенко // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. – 2021. – № 24-1. – С. 182–190.
5. **Квасникова, Е. В.** Роль ландшафтных факторов в изменении поля радиоактивного загрязнения ¹³⁷Cs в Брянском Полесье / Е. В. Квасникова [и др.] // *Метеорология и Гидрология*. – 2005. – № 6. – С. 83–91.
6. **Подольск, А. Г.** Рекомендации по использованию загрязненных радионуклидами пойменных земель Белорусского Полесья / А. Г. Подольск [и др.] // *Комчернобыль. РНИУП «Институт радиологии»*. Комитет по с. х. и продовольствию Гомельского облисполкома. – Гомель, 2001. – 27 с.
7. **Агеева, Т. Н.** Радиоэкологическая оценка пойменных лугов реки Днепр на территории Быховского района / Т. Н. Агеева [и др.] // *Экологический вестник*. – 2014. – № 3. – С. 15–21.
8. **Ласько, Т. В.** Пойменные земли – резерв кормов для животноводства на загрязненной радионуклидами территории / Т. В. Ласько // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. – 2022. – № 25-1. – С. 150–157.
9. *Руководство по производству молока, выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота: отраслевой регламент / Минский областной исполнительный комитет, Комитет по сельскому хозяйству и продовольствию ; под ред. А.М. Лапотко. – Несвиж, 2008. – 368 с.*
10. **Фесенко, С. В.** Нормативное регулирование содержания ¹³⁷Cs в кормах сельскохозяйственных животных: методические подходы и современные проблемы / С. В. Фесенко [и др.] // *Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской атомной электростанции: научные результаты и практические итоги реабилитации (к 35-й годовщине аварии) : Труды ФГБНУ ВНИИРАЭ. Том Выпуск 4. – Обнинск : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», 2021. – С. 39–49.*
11. **Сауткина, Т. А.** Определитель высших растений Беларуси / Т. А. Сауткина [и др.] ; БГУ ; под ред. В. И. Парфенова. – Мн. : Дизайн-ПРО, 1999. – 471 с.
12. **Спирина, В. З.** Агрохимические методы исследования почв, растений и удобрений : учеб. пособие / В. З. Спирина, Т. П. Соловьева. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 336 с.
13. **Доспехов, Б. А.** Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) (учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений) / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1979. – 416 с.