

УДК 519.87;591.5;546.48

Моделирование – инструмент прогнозирования и нормирования потребления Cd с рационом жвачными животными

Епимахов Вадим Геннадьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»
г. Обнинск

Аннотация. Настоящая работа посвящена вопросу использования имитационного моделирования для прогнозирования и нормирования потребления кадмия (Cd) с рационом жвачными животными. Представлены примеры результатов исследований формирования кривых «доза-эффект» по интегральным показателям для овец и крупного рогатого скота при различных значениях модифицирующих факторов

Ключевые слова: кадмий, модель, модифицирующие факторы, овцы, крупный рогатый скот, рацион кормления, нормирование, прогнозирование.

DOI: 10.5281/zenodo.2671599

Введение. В работах [1, 2] представлены имитационные модели оценки влияния уровня содержания Cd в кормах на состояние здоровья овец и крупного рогатого скота, продуктивность животных, качество и безопасность продукции животноводства. При разработке и создании моделей основное внимание уделялось установлению основных факторов, модифициру-

ющих ответную реакцию организма жвачных животных на поступление тяжёлых металлов (ТМ) с рационом и решению задачи количественной оценки уровня содержания Cd в рационе на проявление токсического эффекта.

На рис. 1 представлена концептуальная схема, которая лежит в основе разработанных имитационных моделей.

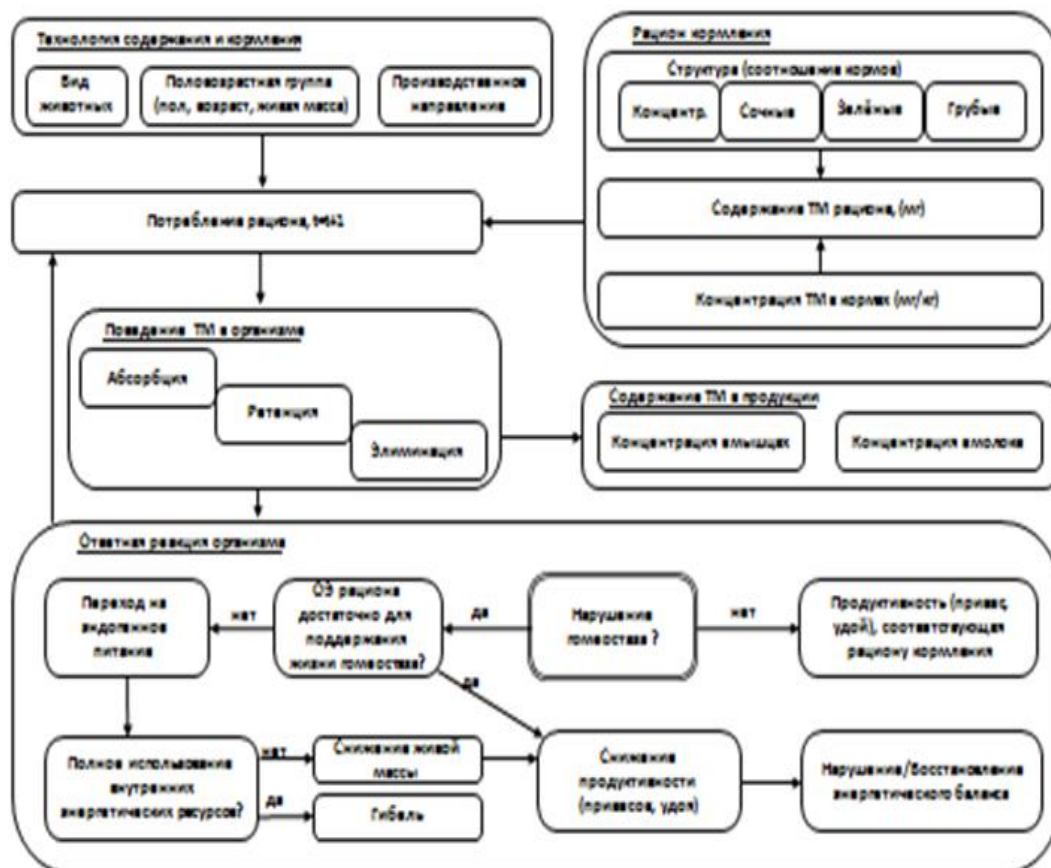


Рис.1. Концептуальная модель оценки влияния содержания Cd в рационе на организм жвачных животных

Проведение численных опытов, анализ и обобщение полученных результатов позволили впервые установить количественные закономерности формирования зависимостей «доза-эффект» при потреблении жвачными животными Cd с рационом [3]. Эти закономерности аналогичны и повторяют в целом базовые

закономерности, установленные в токсикологии для изолированных органов и тканей [4]. Показано, что спектры проявлений токсического процесса и выраженность развивающегося эффекта определяются значениями модифицирующих факторов: содержа-

нием Cd в рационе кормления (концентрацией и длительностью потребления), возрастной группой и видом животных, структурой рациона и другими факторами (таблица 1). Это находит своё отражение в характере отклика организма на токсическое действие Cd и приводит к различным возможным трансформациям зависимости «доза-эффект».

Таблица 1. Модифицирующие факторы влияния на организм жвачных животных при потреблении Cd с рационом

№	Модифицирующие факторы
1	Концентрация Cd в рационе
2	Длительность поступления Cd с рационом
3	Тип рациона
4	Технология содержания животных
5	Возрастная группа
6	Вид животных
7	Содержание ТМ в организме

В данной работе представлены дальнейшие направления исследований с использованием разработанных имитационных моделей и полученные результаты. Они обусловлены особой значимостью, которая придается вопросам изучения формирования зависимости «доза-эффект» для решения многочисленных экспертных вопросов, преимущественно касающихся прогнозирования результата поступления ТМ с рационом и проблемы нормирования с целью определения безопасных уровней воздействия на организм животных.

В настоящее время нет функциональных оценок отклика организма животных на поступление ТМ с рационом, а все известные оценки по своему содержанию являются отражением условий проведения экспериментов и степень их достоверности в разных исследованиях, естественно, различна. С другой стороны, вопросы прогнозирования и научного обоснования нормативного уровня содержания ТМ в рационе требуют обязательной оценки общей реакции организма. О выраженности такой общей реакции судят по изменению показателей, которые имеют высокую степень интегральности: превышение допустимого уровня ТМ в животноводческой продукции, снижение продуктивности и гибель животных.

Цель исследований – оценка возможности использования моделей для прогнозирования последствий поступления Cd с рационом на организм животных и нормирования содержания ТМ в рационе для обеспечения производства экологической безопасной продукции¹.

Описание исследований. Условия проведения численных экспериментов оценки потребления Cd с рационом на общую реакцию организма животных включают следующее:

- поголовье животных. Численность животных в каждом опыте установлена 100 голов. Хотя накопление ТМ в организме отдельных животных не одинаково, по мере увеличения воздействующей дозы Cd,

выраженность превышения ДУ кадмия в молоке и мясе будет и должна увеличиваться и, соответственно, расти количество особей, у которых развивается данный оцениваемый эффект.

- исходное физиологическое состояние животных: живая масса, (кг) и возраст животных, (мес.);

- содержание овец и крупного рогатого скота: рацион кормления (Мкал/кг сухого вещества), концентрация Cd в рационе (мг/кг сухого вещества) и длительность потребления ТМ с рационом.

Рационы кормления составлены на основе системы оценки кормов по обменной энергии и рассчитаны на обеспечения роста и нормального физиологического развития животных [5].

- продолжительность эксперимента: до 360 суток. Продолжительность пастбищного периода принята равной 180 суток.

Исследуемые параметры – интегральные показатели, отражающие ответную реакцию организма животных.

При проведении численных опытов шаг по времени установлен равным 1 сутки. Он совпадает с соответствующим для большинства животных ритмом, который обуславливает баланс основных веществ и энергии в данном временном промежутке.

Исследования проводились путем варьирования одного из модифицирующих факторов при постоянных заданных значениях других факторов.

Для повышения достоверности и качества аналитических выводов, исключения неоднородности результатов исследований каждый опыт имел 10-ти кратную повторность. Полученные результаты подвергались математико-статистической обработке [6-7]

Результаты исследований.

а) *Прогнозирование.* На рис. 2 в качестве примера приведены результаты исследований формирования кривых «доза-эффект» по интегральным показателям для овец и крупного рогатого скота при различных значениях модифицирующих факторов.

Анализ формирования дозовых зависимостей показывает, что имеет место нормальное и логнормальное распределение животных. Сравнение соответствия полученных эмпирических распределений частот указанным законам распределения проводилось по критерию Колмогорова. Во всех

случаях на доверительном уровне 95% совпадение частот эмпирических рядов с частотами нормальной или логнормальной кривых было удовлетворительным.

Показатели, характеризующие данные законы распределения, являются функциями факторов, модифицирующих отклик организма. Знание значений этих показателей, позволяет прогнозировать у какого % животных на какие сутки или в течение рассматриваемого периода времени концентрация Cd в продукции превысит санитарно-гигиенический норматив. В конце концов, с вероятностью 99,73% можно определить временные границы, в пределах которых превышение норматива содержания Cd в продукции будет у всех животных

¹ Согласно Гигиеническим требованиям безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов допустимый уровень Cd в мясе не более 0,05 мг/кг, в молоке не более 0,03 мг/кг

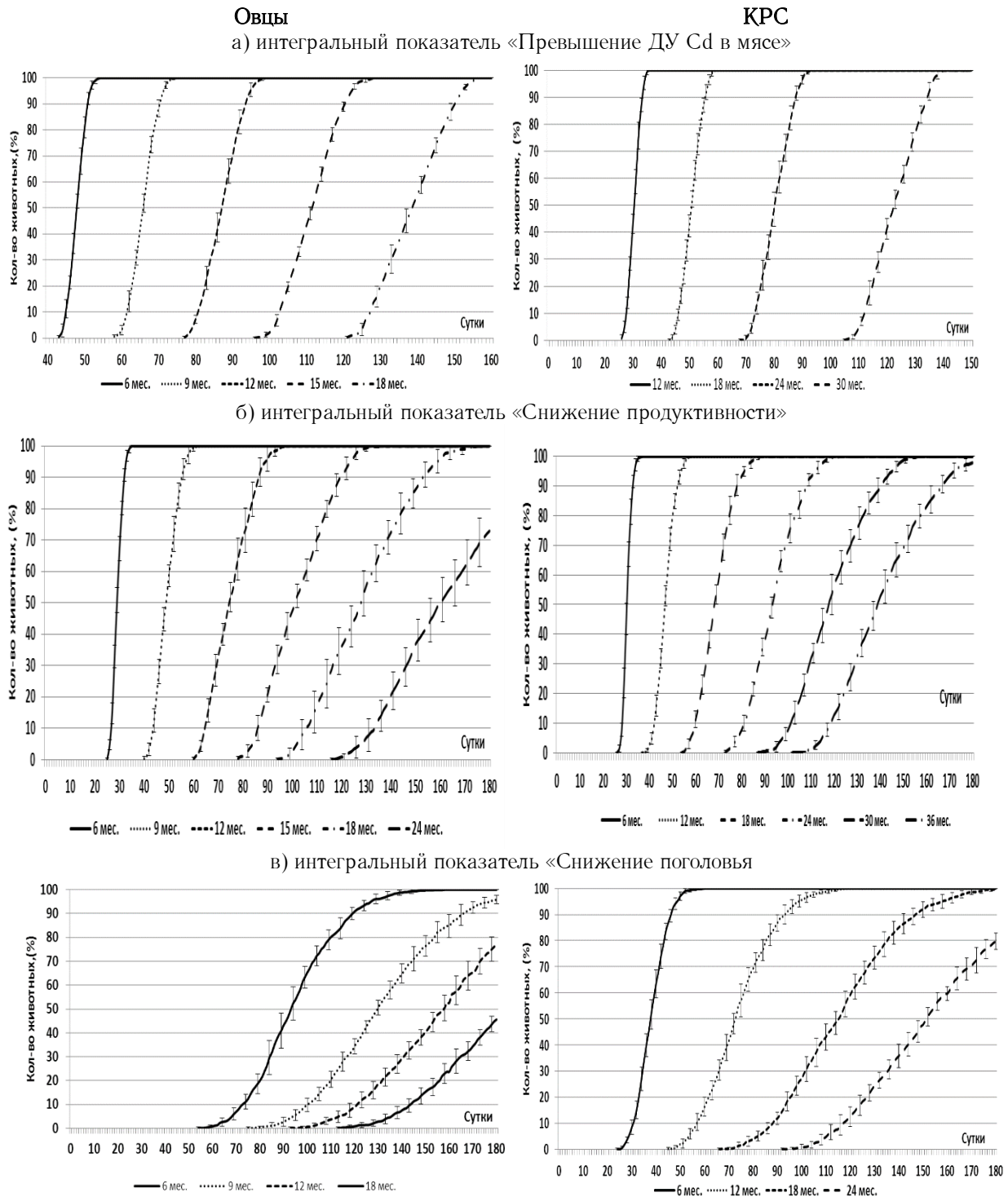


Рис. 2. Пример результатов исследований формирования кривых «доза-эффект» по интегральным показателям для овец и крупного рогатого скота

б) *Нормирование.* Использование моделей для прогнозирования результатов потребления жвачными животными рационов с различной концентрацией Cd не ограничивает их возможности. С такой же вероятностью 99,73% можно определить сутки, начиная с которых ожидается превышение допустимого уровня Cd в продукции. Это позволяет оценить максимально допустимый уровень (ДУ) Cd в рационе, с целью не допустить превышения санитарно-гигиенического норматива в продукции.

При этом надо учитывать, что изменение значений

факторов приводит к последующему изменению границ. Т.е. всей совокупности возможных значений модифицирующих факторов соответствует совокупность границ, в пределах которых наблюдается превышение ДУ кадмия продукции у всех животных.

Что значит «устанавливать пределы изменения»? Согласно толковым словарям, установить или устанавливать пределы чего-либо - это нормировать!!! [8-10].

Таким образом, имитационное моделирование и компьютерные возможности позволяют нормировать потребление Cd с рационом (рис. 3).

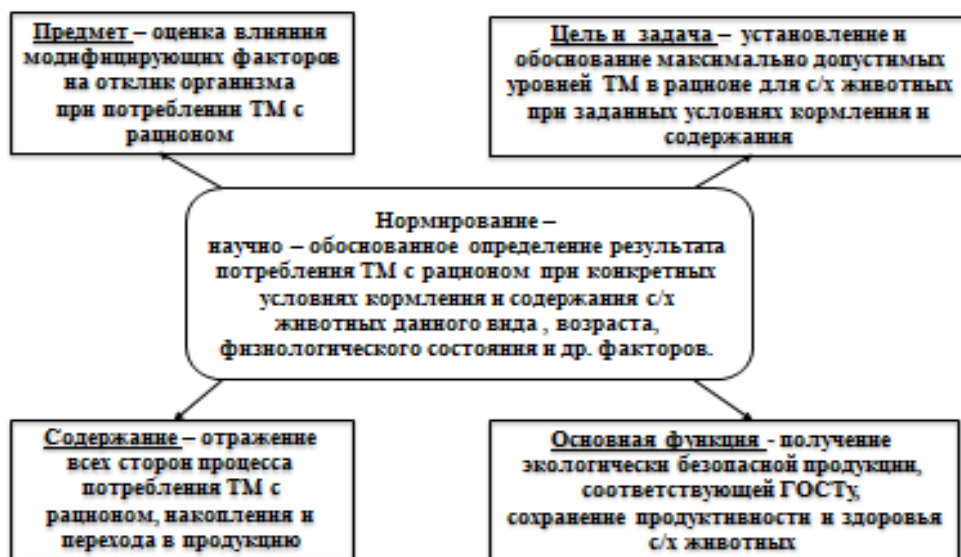


Рис. 3. Нормирование потребления ТМ с рационом

Предметом нормирования выступает определение содержания Cd в рационе, при потреблении которого не произойдет превышения санитарно-гигиенического норматива в животноводческой продукции. Содержание нормирования определяется предметом нормирования и заключается в том, что отражает все стороны процесса накопления ТМ в организме и перехода в молоко и мясо. Основная функция нормирования направлена на обеспечение производства экологически безопасной животноводческой продукции, поддержания продуктивности и здоровья животных. Она включает изучение и анализ условий перехода Cd в продукцию при данной системе кормопроизводства и содержания крупного рогатого скота и овец. Цель и задача – определение и обоснование максимально ДУ ТМ в рационе для с/х животных с учётом дифференциации по видам, производственному направлению, заданных условиях кормления и содержания, сроков хозяйственного использования.

Заключение. Представленные в работе результаты исследований показывают, что имитационное моделирование и компьютерные возможности являются перспективным направлением изучения поступления ТМ с рационом в организм сельскохозяйствен-

ных животных, накопления и перехода в животноводческую продукцию в отличие от натуральных экспериментов, проведение которых характеризуется значительной степенью чрезвычайной трудоемкости исследований и сложностью соблюдения требований токсикологической безопасности.

Проводимая в РФ работа по изучению состава и питательности кормов находит отражение в создании детализированных норм кормления с/х животных. Они представлены в справочниках, которые переиздаются по мере получения новых научных данных о кормлении животных, получения предложений специалистов-практиков и научных работников по их усовершенствованию [11-15]. Однако в них исключено из внимания, что в современных условиях хозяйственная деятельность человека приводит к росту техногенного загрязнения сельхозугодий, последующему загрязнению кормов, ухудшению ветеринарно-санитарного качества животноводческой продукции.

Дальнейшее направление построения и использования имитационных моделей состоит в преодолении данных пробелов в действующих нормах кормления и в дополнении информацией о максимально ДУ содержания ТМ в рационах животных.

Литература:

1. Епимахов В.Г. К вопросу оценки воздействия Cd на физиологическое состояние крупного рогатого скота, продуктивность животных и качество продукции // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2017, № 12, С.379-384
2. Епимахов В.Г. Влияние модифицирующих факторов на общую реакцию организма овец при потреблении Cd с рационом // *Аэкономика: экономика и сельское хозяйство*, 2018. №4 (28). URL: <http://aeconomy.ru/science/agro/vliyanie-modifitsiryushchikh-fakto/>
3. Епимахов В.Г. Установление количественных закономерностей формирования зависимости «доза-эффект» для овец и крупного рогатого скота при потреблении животными Cd с рационом // *Коллективная монография «Результаты исследований естественных и точных наук: междисциплинарный подход и сверхаддитивный эффект»*; Под ред. В.В. Ерохина, Л.П. Тереховой, О.А. Подкопаева – Самара: ООО НИЦ «Поволжская научная корпорация», 2018, С. 145-161.
4. Куценко С.А. Основы токсикологии. - М.: Фолиант, 2004. — 570 с.
5. Потребность жвачных животных в питательных веществах и энергии /пер. с англ. А. А. Яковлева; под ред. А. П. Дмитроченко. М.: Колос, 1968
6. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. — М.: Физматлит, 2006. — 816 с.
7. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике - М.: Наука, 1990.- 296 с.

8. Ожегов, С.И. Толковый словарь русского языка: Около 100 000 слов, терминов и фразеологических выражений / С.И. Ожегов; Под ред. Л.И. Скворцов. - М.: ОНИКС-ЛИТ, Мир и Образование, 2012. - 1376 с.
9. Ушаков, Д.Н. Толковый словарь современного русского языка: Около 100000 слов / Д.Н. Ушаков. - М.: Аделант, 2013. - 800 с.
10. Ефремова Т. Ф. Современный толковый словарь русского языка: В 3 т. — М. : АСТ, Астрель, Харвест, 2006. -1168 + 1168 + 976 стр.
11. Нормы и рационы кормления с.-х. животных /А.П. Калашников и др.//М.: Агропромиздат,2003. — 436с. Макарец Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных: Учебник для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Калуга: Издательство «Ноосфера», 2012. — 642 с.
12. Попов И.С. Кормовые нормы и кормовые таблицы. Двенадцатое издание, вновь переработанное /И.С. Попов. — М.: Сельхозгиз, 1954. — 216с.
13. Калашников А.П. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справоч. пособ./ А.П.Калашников, Н.И.Клейменов, В.Н. Баканов и др. — Москва: Агропромиздат, 2003. [3-е издание]. — 455 с
14. Дмитроченко А.П. Кормление сельскохозяйственных животных. Издание второе, дополненное и переработанное/ А.П. Дмитроченко, П.Д. Пшеничный.- Ленинград «Колос», 1975.- 480с.
15. Владимиров Н.И. Кормление сельскохозяйственных животных: учебное пособие / Н.И. Владимиров, Л.Н. Черемнякова, В.Г. Луницын, А.П. Косарев, А.С. Попеляев. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. 211 с.