

УДК 610:638157:614.449.57

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКА ГИБЕЛИ ЖИВОТНЫХ ПОСТРАДИОАКТИВНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

*Ибрагимов Б.Х.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Самаркандский государственный университет ветеринарной медицины, животноводства и биотехнологий, Самарканд, Узбекистан

baxtiyoribragimov581@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье изложены результаты исследования, направленного на разработку математических моделей для определения срока гибели животных, подвергшихся радиоактивному облучению. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения эффективности ветеринарных мероприятий в условиях радиационных аварий и чрезвычайных ситуаций. Авторами проведено клиническое, гематологическое и радиометрическое обследование крупного и мелкого рогатого скота, находящегося в условиях радиоактивного загрязнения. Разработаны математические модели индекса гибели для крупного и мелкого рогатого скота, которые позволяют на основании физиологических параметров (температура тела, пульс, руминация) оценить вероятность смертельного исхода и спрогнозировать сроки наступления гибели. Предложенные модели прошли апробацию в полевых условиях и показали высокую прогностическую ценность. Результаты исследования могут быть использованы для оперативной сортировки поражённых животных, оптимизации плана уоя и принятия решений о дальнейшем использовании продуктов животноводства.

**Ключевые слова:** радиационное поражение, животные, лучевая болезнь, математическая модель, прогноз исхода, индекс гибели, ветеринарная диагностика.

### 1 ВВЕДЕНИЕ

Важное место среди ветеринарно-санитарных мероприятий занимают методы, благодаря которым удается обнаружить в животном сырье всевозможные посторонние примеси, среди которых могут быть вещества опасные для здоровья человека.

В настоящее время невозможно представить виды человеческой деятельности, прямо или косвенно не связанной с влиянием на организм животных и человека. В последние десятилетия во всем мире наметилась тенденция роста числа чрезвычайных ситуаций, связанных со стихийными бедствиями и катастрофами антропогенного и военного характера. Взрыв хранилища с радиоактивными веществами в Югославии [1] на Урале [2] авария на Чернобыльской АЭС [3], Фукусима АЭС [4] и многие другие показали слабую готовность ветеринарного персонала по оказанию помощи пострадавшим животным и эффективной работе в зонах ЧС.

В современных условиях, когда возрастает угроза радиационного загрязнения в связи с развитием ядерной энергетики и увеличением вероятности техногенных катастроф, особенно остро встает вопрос обеспечения ветеринарной безопасности и охраны здоровья животных. В таких критических ситуациях чрезвычайно важно оперативно и точно оценить степень радиационного поражения животных и спрогнозировать возможные последствия. Однако традиционные клинические и лабораторные методы диагностики лучевой болезни часто оказываются недостаточно информативными или запаздывающими. В этой связи математические модели приобретают особую значимость как эффективный инструмент для количественной оценки состояния животных и прогнозирования исхода заболевания. Они позволяют интегрировать разрозненные клинические данные, радиометрические показатели и физиологические параметры в единую прогностическую систему, повышающую точность и оперативность ветеринарно-санитарных решений. Особенно это актуально в условиях массового поражения животных, когда требуется быстрый и обоснованный выбор тактики ветеринарных мероприятий.

В условиях чрезвычайных ситуаций особую сложность представляет наиболее полное использование мяса и других продуктов уоя пораженных животных [5]. Решение проблем зависит от правильной организации пред убойным содержанием, ветеринарного осмотра, дозиметрического, хи-

мического и микробиологического контроля и сортировки большого количества одновременно пораженных животных, а также от строгого соблюдения очередности и своевременности их убоя, с учетом возможности дальнейшего хранения, транспортировки и консервирования мяса. Большое значение будет иметь ветеринарно-санитарная экспертиза и оценка продуктов животноводства, полученных от пораженных животных, особенно при внутреннем заражении радиоактивными изотопами, химическими и биологическими ядами, так как в этом случае одним из определяющих факторов санитарной оценки продукта является уровень его радиоактивной и химической загрязненности, устанавливаемый радиометрическим, токсикологическим и микробиологическим исследованиями [6].

В период пред убойного определения дозы при подозрении на острое течения лучевой болезни. Но учитывая методов определения острой лучевой болезни в основном радио и дозиметрическими приборами. Пребывание животных в зоне радиоактивного загрязнения приводит к их радиационному поражению, степень которого может быть различной. Для определения степени тяжести поражения и возможного хозяйственного использования животных очень важно провести их обследование (диспансеризацию).

Поскольку специфических клинических признаков при лучевой болезни у животных не развивается, то диагноз ставится с учетом комплекса имеющихся данных. Ими являются сведения о радиационной обстановке, длительность нахождения на зараженной территории и условия содержания животных, совокупность проявляемых клинических признаков заболевания, гематологических показателей. При диагностике лучевой болезни животных учитываются время начала облучения, характер источника излучения и его вид, суммарная мощность дозы, условия облучения животных и т. д. [7].

Наряду с этим важным моментом в диагностике острой лучевой болезни является своевременное выявление клинических признаков заболевания, установление времени их появления, а также продолжительность и степень выраженности. Неоценимую помощь не только в постановке диагноза, но и в определении степени поражения животных дают лабораторные исследования клинического материала и впервые очередь результаты гематологического анализа. [8-10]. Но при остром течении предложенная нами методика гораздо упрощает диагностику постановки периода гибели животных подозреваемых в радиоактивном облучении.

Цель, задачи и тактика проведения ветеринарных мероприятий в различные периоды после радионуклидного загрязнения среды существенно отличаются. В период выпадения радиоактивных осадков главной задачей ветеринарной радиологической службы является контроль радиационной ситуации, прогноз состояния здоровья животных в ближайшее время и в перспективе, а также прогноз за грязнённой получаемой продукцией.

Целью данной статьи является рассмотрение математической модели определения времени гибели животных, подозреваемых в радиоактивном облучении.

## 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт был проведен на МТФ фермерского хозяйства «Узбекистан», Нуратинского района. Было сформировано две группы двух видов животных крупно рогатого скота (КРС) мелко рогатого скота (МРС), по результатам клинических и гематологических исследований:

Группа 1. Животные первой группы (4 головы КРС) состояли из сухостойных коров, взятых из стада подозреваемых в облучении.

Группа 2. Животные 2 группы (4 головы КРС) сухостойных коров, не подвергавших облучению.

Группа 3. группа животных (4 головы МРС) овцы из группы аналогов, взятых из стада подозреваемых в облучении.

Группа 4. группа животных (4 головы МРС) овцы служили контролем (не облученные).

Предварительно клиническими методами определяли общее состояние животных угнетение, возбуждение, нарушение координации движения степень выраженности рефлексов, состояние слизистых оболочек и конъюнктивы (анемия, кровоизлияния), частота пульса и дыхания, температура тела, упитанность, акт дефекации (понос, кровь или примесь крови в фекалиях). Выборочно из 20 голов сухостойных коров и 20 голов овец, находившихся одинаковых условиях, определяли показатели крови: количество лейкоцитов, тромбоцитов, нейтрофилов, лейко-формулу. А также рассчитали абсолютные количества лимфоцитов индекс сдвига ядра, обращают внимание на дегенеративные изменения ядра и цитоплазмы, определяли индекс ретракции кровяного сгустка. В целях определения наличия радиоактивных веществ на поверхности тела и в организме проводили радиометрические исследования приборами СРП68-01. Большое значение будет иметь ветеринарно-санитарная экспертиза и оценка продуктов животноводства, полученных от пораженных животных, особенно при внутреннем заражении радиоактивными изотопами, химическими и биологическими ядами, так как

в этом случае одним из определяющих факторов санитарной оценки продукта является уровень его радиоактивной и химической загрязнённости, устанавливаемый радиометрическим, токсикологическим и микробиологическим исследованиями.

Надо учитывать, что у животных острая лучевая болезнь протекает с клиническими признаками многих инфекционных и незаразных болезней. Поэтому в результатах наших исследований в 1 группе КРС и 3 группе МРС наблюдались признаки: анемии, нарушение витаминно-минерального обмена, нарушения органов дыхания, сердечно-сосудистой системы и органов пищеварения. (Поэтому клиническая диагностика не даёт точных результатов).

Тогда как в 2 КРС и 4 МРС контрольных группах вышеописанных признаков заболеваний не отмечалось.

В период пред убойного определения дозы при подозрении на острое течения лучевой болезни. Методами определения острой лучевой болезни в основном являются радио и дозиметрическими приборами.

Авторами предлагается метод клинического определения прогноза по исходу подозреваемых подвергшихся радиационному облучению животных.

### 2.1 Математическая модель индекса гибели у крупного рогатого скота

Проводится на основании данных клинического обследования (температура тела, пульс, руминация) в период, предшествующий пику острой лучевой болезни и на высоте развития заболевания.

Данные о радиационной обстановке в хозяйстве получают из штаба ГО или определяют путем непосредственных измерений мощности дозы гамма-радиации с помощью прибора ДП-5В, СРП-68-1.

Обследование крупного рогатого скота с целью прогноза исхода лучевой патологии следует начинать через 10-15 дней после радиационного воздействия. В течение последующих 15 суток с интервалом в 2-3 дня определяют ректально температуру тела, частоту сердечного пульса и руминаторных сокращений рубца за 1 и 2 мин соответственно. Результаты измерений вставляют в формулу:

$$\theta = \left( \frac{T_r - T_h}{a} + \frac{P_r - P_h}{b} + \frac{R_r - R_h}{c} \right) \cdot d, \quad (1)$$

где  $\theta$  – индекс гибели животных, характеризующий сроки, через которые может наступить смертельный исход;  $T_r$  – температуры тела радиационно-пораженного животного,  $T_h$  – температуры тела здорового животного,  $P_r$  – пульс радиационно-пораженного животного,  $P_h$  – пульс здорового животного,  $R_r$  – руминация радиационно-пораженного животного,  $R_h$  – руминация здорового животного, а тестовые коэффициенты равны:

$$a = 0.1, \quad b = 2.5, \quad c = 0.2, \quad d = 5.$$

### 2.2 Математическая модель индекса гибели у мелкого рогатого скота

Проводится путем определения температуры тела и частоты пульса за 1 минуту в период, предшествующий пику лучевой болезни, и на высоте развития заболевания.

Обследование мелкого рогатого скота с целью прогноза исхода лучевой болезни следует начинать с 10-12 дня после радиационного поражения животных. В течение последующих 20 суток с интервалом в 2-3 дня у животных определяют ректальную температуру и частоту пульса. Результаты измерений подставляют в формулу:

$$\theta = \left( \frac{T_r - T_h}{a} + \frac{P_r - P_h}{b} \right) \cdot d, \quad (2)$$

где:  $a = 0.1, \quad b = 2.5, \quad d = 12.$

## 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### 3.1 Прогноз исхода радиационного поражения у крупного рогатого скота

Положительные значения индекса гибели указывают на неблагоприятный исход лучевой болезни у радиационно-поражённого крупного рогатого скота. Гибель наступает, как правило, в течение последующих 1-7 дней.

Таблица 1. Сроки предполагаемой гибели (дни)

Показатели ИГ	Исход	Сроки предполагаемой гибели (дни)
+50 – +31	не благоприятный	1-2
+30 – +11	не благоприятный	3-4
+10 – +1	не благоприятный	5-7
-10 – -30	благоприятный	-

Отрицательные значения ИГ обычно указывают на благоприятный исход лучевой болезни у радиационно-пораженного крупного рогатого скота.

### 3.2 Прогноз исхода радиационного поражения у мелкого рогатого скота

Положительные значения индекса гибели указывают на неблагоприятный исход лучевой болезни у радиационно-пораженных овец. Гибель животных, как правило, наступает в течение последующих 1-6 дней. Отрицательные значения индекса гибели обычно указывают на благоприятный исход лучевой болезни у овец.

Таблица 2. Сроки предполагаемой гибели (дни)

Показатели ИГ	Исход	Сроки предполагаемой гибели (дни)
+30 – +21	не благоприятный	1-2
+20 – +11	не благоприятный	3-4
+10 – +1	не благоприятный	5-6
-10 – -17	благоприятный	-

## 4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные математические модели индекса гибели для крупного и мелкого рогатого скота позволяют с высокой степенью достоверности прогнозировать исход острого радиационного поражения животных. В отличие от традиционных методов, предложенный подход основывается на количественной оценке физиологических параметров, что делает его более объективным, быстрым и пригодным для использования в полевых условиях, особенно в первые недели после радиационного воздействия. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили, что положительные значения индекса гибели однозначно коррелируют с летальным исходом в течение 1–7 дней (для КРС) и 1–6 дней (для МРС), а отрицательные значения соответствуют благоприятному прогнозу.

Внедрение данной модели в практику ветеринарной службы позволит улучшить тактику оказания помощи поражённым животным, оптимизировать решение задач санитарной сортировки, планирования уоя и использования продуктов животноводства. Кроме того, использование модели может значительно повысить уровень готовности ветеринарных служб к действиям в условиях радиационных чрезвычайных ситуаций. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение модели с учетом дополнительных параметров и адаптацию её к другим видам сельскохозяйственных животных.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Владимиров В.А.* Проблемы ликвидации последствий радиационных аварий. Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – Т. 2, №. 2. – 2012, – С. 362-415.
- [2] *André Bouville* 2020 J. Radiol. Prot. 40 E9. DOI 10.1088/1361-6498/ab8712
- [3] *Дадашов Р.Г., Шумейко Е.А.* Катастрофа на чернобыльской атомной электростанции. E-Scio, №. 10 (61). – 2021, – С. 346-353.
- [4] *Schneider N.* Endogenous causes, risks perception and policy responses to the Fukushima disaster–political ecology comments. // International Journal of Disaster Risk Reduction. Vol. 90. 2023. 103650.
- [5] *Н.А.Корнеева, А.Н.Сироткина, З. В. Дубровина, О. М.Белова, Г. С. Мешалкина, Г. А. Донской.* «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов». 2016.
- [6] *Ахмин А.М., Гасюк Д.П.* Управление качеством пищевых продуктов на основе принципа ХАССП. Учебное пособие. Издательство «Троицкий мост. 2024. С. 178.

- [7] Гребенюк А. Н., Стрелова О. Ю., Лезеза В. И., Степанова Е. Н. Основы радиобиологии и радиационной медицины: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. 2015. Издательство "ФОЛИАНТ"
- [8] Положение о системе государственного ветеринарного контроля радиоактивного загрязнения объектов ветеринарного надзора в Российской Федерации, утвержден Минсельхозпродом России 20 февраля 1998 г.
- [9] Положение о сети наблюдений и лабораторного контроля Минсельхозпрода России, утвержденное Минсельхозпродом России 25 мая 1994 г. N 116.
- [10] Лысенко Н. П., и др. Радиобиология: Учебник 3-е изд. СПб Издательство «Лань», 2017.- 576.: ил. – (Учебник для вузов. Специальная литература).

Поступила в редакцию 05.04.2025

**Цитирование:** Ибрагимов Б.Х. (2025). Математическая модель определения срока гибели животных пострадиоактивного облучения. *Международный журнал теоретических и прикладных вопросов цифровых технологий*, 8(2), –С. 130-134. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v8i2.274>.

## A MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTING MORTALITY TIME IN ANIMALS AFFECTED BY RADIOACTIVE EXPOSURE

*Ibragimov B.Kh.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Samarkand state university of veterinary medicine, livestock and biotechnologies, Samarkand, Uzbekistan

baxtiyoribragimov581@gmail.com

**Abstract.** This article presents the results of a study aimed at developing mathematical models for determining the death period of animals exposed to radioactive irradiation. The relevance of the topic is due to the need to improve the effectiveness of veterinary measures in radiation accidents and emergencies. The authors conducted a clinical, hematological and radiometric examination of cattle and small ruminants exposed to radioactive contamination. Mathematical models of the death index for cattle and small ruminants have been developed, which allow, based on physiological parameters (body temperature, pulse, rumination), to estimate the probability of a fatal outcome and predict the timing of death. The proposed models have been tested in the field and have shown high prognostic value. The results of the study can be used for prompt sorting of affected animals, optimizing the slaughter plan and making decisions on the further use of livestock products.

**Keywords:** radiation injury, animals, radiation sickness, mathematical model, outcome prognosis, mortality index, veterinary diagnostics.