DOI: 10.21870/0131-3878-2017-26-4-132-144

Влияние облучения и голодания на физиологические, клинические, биохимические показатели и воспроизводительные качества тёлочек (экспериментальные исследования)

Асташева Н.П.¹, Ульяненко Л.Н.²

¹ ГБОУ ВО Московской области Технологический университет, Королёв;

² МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Обнинск

С целью моделирования последствий пребывания сельскохозяйственных животных в условиях радиационных катастроф была проведена оценка клинико-физиологического состояния, динамики биохимических показателей крови и воспроизводительных качеств 22 тёлочек чёрно-пёстрой породы 14-18-месячного возраста, подвергшихся воздействию сублетальных доз внешнего гамма-облучения (2,5 и 3,25 Гр) и сокращению рациона кормления: полное голодание в течение 4 суток, затем в течение 1 месяца на ограниченном рационе кормления. Отмечено выраженное ($p < 0,05$) снижение живой массы на 3 сутки после облучения и голодания в среднем на 22-28 кг. Облучение в дозе 3,25 Гр на фоне полноценного кормления не влияло на живую массу тёлочек. Наиболее существенное снижение лейкоцитов в разгар лучевой болезни (3 сутки после облучения) отмечено у животных, облучённых в дозе 3,25 Гр и голодавших: на 7 сутки количество лейкоцитов снизилось в 5 раз. Исследование ряда биохимических показателей (содержание общего белка, активность щелочной фосфатазы и альфа-амилазы в плазме крови животных) свидетельствует о волнообразном характере изменений, обусловленных как тяжестью и разными фазами развития радиационного поражения, так и условиями кормления и содержания тёлочек. На протяжении всего срока наблюдения отмечалась тенденция к более глубоким изменениям показателей в группе голодавших и облучённых в дозе 3,25 Гр животных, тогда как показатели у животных, облучённых в дозе 2,5 Гр, на фоне голодания были близки к показателям у животных, облучённых в дозе 3,25 Гр и содержащихся на стандартном рационе. Внешнее гамма-облучение в дозах 2,5 и 3,25 Гр и временное снижение уровня кормления не вызывали изменений в регулярности и проявлении половых циклов. Выход телят в группе животных, облучённых в дозе 3,25 Гр, при полноценном кормлении составил 100%, в условиях сокращённого кормления – 60% при отсутствии изменений в клиническом состоянии и физиологическом развитии. Все работы с животными были выполнены в соответствии с основными положениями ГОСТ 33215-2014.

Ключевые слова: внешнее гамма-облучение, изменение технологии содержания, кратковременное полное голодание, половозрелые тёлочки, клинико-физиологическое состояние, биохимические показатели, воспроизводительные качества.

Введение

В условиях радиационных катастроф сельскохозяйственные животные, как правило, подвергаются сочетанному воздействию радиации и других факторов, наиболее значимым из которых является сокращение рациона кормления. Это обусловлено тем, что в чрезвычайных ситуациях основное внимание концентрируется на спасении и защите населения, в то же время прекращение энергоснабжения и поставок горючего приведёт к нарушению технологических процессов содержания животных и, в первую очередь, к значительному сокращению уровня питания и его структуры (отсутствие концентрированных кормов). Как следствие, в первые дни после инцидента животные могут остаться без корма, воды, в условиях отсутствия вентиляции, уборки помещений, активного движения, что способно повлиять на их общее состояние здоровья и воспроизводительные функции.

Асташева Н.П.* – проф., д.б.н. ГБОУ ВО Технологический университет. Ульяненко Л.Н. – в.н.с., проф., д.б.н. МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России.

*Контакты: 141075, Московская обл., Королёв, ул. Гагарина, 42. Тел.: 8(905)5547156; e-mail: Ast10N@mail.ru.

Промышленное животноводство и племенная работа базируются на системах кормления и воспроизводства. Вопросы влияния полного голодания и неполноценного кормления на физиологию и воспроизводство сельскохозяйственных животных достаточно широко рассмотрены в работах [1-4].

Высокая чувствительность системы воспроизводства животных к действию ионизирующей радиации так же доказана в ряде исследований не только на лабораторных [5, 6], но и на различных видах сельскохозяйственных животных [7, 8].

В то же время, вопросу оценки влияния сочетанного действия радиации и изменения рациона кормления животных на их воспроизводство уделяется значительно меньше внимания. Это связано, прежде всего, с отсутствием возможности проведения прямых экспериментов на крупных сельскохозяйственных животных.

Целью данного исследования явилось изучение влияния сочетанного действия внешнего γ -облучения, кратковременного полного голодания в условиях нарушения технологии содержания, а также продолжительного сокращения рациона кормления на состояние и воспроизводительные качества тёлочек.

Материалы и методы

Исследования проведены на 22 клинически здоровых тёлках чёрно-пёстрой породы 14-18-месячного возраста массой 212-237 кг. Животных содержали в условиях вивария ГНУ ВНИИСХРАЭ (в настоящее время ФГБНУ ВНИИРАЭ, Обнинск) на стандартном рационе, по питательному составу соответствовавшему нормам кормления животных [9].

Экспериментальные группы формировали после обязательного двухнедельного периода адаптации по принципу приближенных аналогов с учётом живой массы животных. Схема опыта представлена в табл. 1.

Таблица 1

Схема эксперимента

Группа, №	Количество животных	Доза облучения, Гр	Схема кормления
1	4	0	4-суточное голодание после облучения, 1 месяц – сокращённый рацион кормления*.
2	6	2,5	4-суточное голодание после облучения, 1 месяц – сокращённый рацион кормления.
3	6	3,25	4-суточное голодание после облучения, 1 месяц – сокращённый рацион кормления.
4	6	3,25	Полный рацион.

* сокращённый рацион – в течение 1 месяца животных содержали на бесконцентратном кормлении, зелёный корм – 2/3 нормы.

Облучение животных проводили на установке «Гамма-панорама», источник излучения ^{137}Cs с энергией гамма-квантов 0,67 МэВ. Выбор дозы облучения (2,5 и 3,25 Гр) определялся целями исследования и задачами моделирования радиационного поражения средней степени тяжести [10]. Мощность дозы облучения составляла 1 Гр/ч. Контроль за уровнем и равномерностью облучения опытных животных осуществляли с помощью клинического дозиметра типа 27012 (Германия) и сферической ионизационной камеры VAK-253. Неравномерность поля облучения в области нахождения животных не превышала $\pm 15\%$. При выборе доз облучения ис-

ходили из постулата исключения массовой гибели животных, чтобы в длительном эксперименте (около 8 месяцев) можно было изучить воспроизводительную функцию тёлочек.

Животные всех групп за исключением четвёртой (доза 3,25 Гр) сразу после облучения были полностью лишены корма, воды и моциона в течение 4 суток, в этот же период уборку помещения, где находились животные, не производили. В дальнейшем в течение 1 месяца тёлочки содержали на ограниченном рационе: были полностью исключены концентрированные корма, зелёный корм давался в объёме 2/3 нормы, вода – вволю (автопоение). В течение всего последующего периода опыта (220 суток после облучения) животные получали полноценный рацион, составленный с учётом существующих норм кормления. Тёлочки четвёртой группы в течение всего периода эксперимента находились на сбалансированном по основным питательным веществам рационе; водопой – с помощью автопоилок без ограничения. Животные постоянно пользовались активным моционом. Наблюдения за животными и их потомством проводили в течение двух лет.

Динамику живой массы тёлочек и полученного от них потомства учитывали путём взвешивания на технических весах, допустимая погрешность на весах до 400 кг – не более 1 кг. В эксперименте с изменением рациона кормления и содержания взвешивание животных проводили до облучения, через 4 суток полного голодания, на 20-30 сутки, затем 1 раз в месяц. Потомство, полученное от облучённых тёлочек, взвешивали при рождении, на 10, 30 сутки и далее ежемесячно.

Оценку клинического состояния подопытных животных проводили по показателям, принятым в клинической диагностике сельскохозяйственных животных: общий вид животных, поведение, реакция на раздражители, температура тела, частота пульса и дыхания. Для оценки степени радиационного поражения животных определяли гематологические показатели: гемоглобин, количество эритроцитов, лейкоцитов и лейкоцитарную формулу по стандартным методикам [11]. Отбор и анализ крови проводили по схеме: до опыта и на 1, 3, 7, 15, 30, 45, 60 сутки после облучения, далее ежемесячно или 1 раз в два месяца. Кровь отбирали до кормления из яремной вены в пробирки с гепарином.

Исследования биохимических показателей осуществляли, как правило, 2-3 раза до облучения и на 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30 и 60 сутки после воздействия. Плазму крови получали по общепринятой методике, в качестве стабилизатора использовали гепарин. Активность щелочной фосфатазы и амилазы определяли с помощью клинического анализатора (Модель 42 «Бекман») по стандартным наборам «Бекман», общий белок – рефрактометрически [12, 13].

Для оценки воспроизводительных функций животных изучали: динамику половых циклов – своевременность проявления и длительность течки, полового возбуждения, охоты и овуляции. Динамику половых циклов оценивали по состоянию половых органов, мазкам влагалищной слизи. Овуляцию и беременность животных диагностировали при ректальном обследовании. Оценивали оплодотворяемость тёлочек, течение беременности, предродового, родов и послеродового периодов. Осеменение облучённых тёлочек осуществляли через 2-3 месяца после облучения и голодания вольной случкой с использованием необлучённого быка-производителя.

Полученные данные подвергали статистической обработке. Рассчитывали среднее значение (M) и ошибку среднего значения (m). Различия считались значимыми при $p < 0,05$ [14]. Все работы с животными были выполнены в соответствии с основными положениями ГОСТ 33215-2014 [15].

Результаты и обсуждение

Клинико-гематологические и биохимические показатели. Голодание как облучённых, так и контрольных животных в течение первых двух суток сопровождалось обострённой реакцией на внешние раздражители, а на 3-4 сутки сменялось апатией (животные больше лежали). На 3 сутки после облучения живая масса в опытных группах голодавших животных достоверно снизилась по сравнению с исходной массой: в среднем в группе тёлочек, облучённых в дозе 2,5 Гр, на 11,1% (- 24 кг), 3,25 Гр – 12,7% (- 28 кг), в контрольной группе – 10,2% (- 22 кг). Следует отметить, что дефицит массы на 5 сутки после облучения сохранялся только в группе животных, облучённых в дозе 2,5 Гр. В последующем, в течение 1 месяца содержания животных на сокращённом кормлении колебания показателей живой массы были незначительными. В группе животных, подвергшихся облучению в дозе 3,25 Гр и содержавшихся в обычных условиях на полном рационе, живая масса по сравнению с исходным уровнем не имела значимых отличий (табл. 2). Аналогичные результаты получены в эксперименте на овцах [16]. На 3 сутки после облучения в дозе 3 Гр при полноценном питании снижение массы овец составило 7,6%, а при облучении в аналогичной дозе, но при 4-суточном голодании и дальнейшем содержании на сокращённом до 30% рационе животные теряли до 17% живой массы. Обмен веществ при неполном голодании заметно изменяется, окислительные процессы снижаются [4]. Гибель крупных животных при пищевом голодании наступает при потере массы 40-50%, а при водном голодании – уже при потере массы 23-27%.

Таблица 2

Динамика живой массы тёлочек, кг

Время после облучения, сутки	Доза облучения, Гр			
	0	2,5	3,25	3,25 (группа 4)
До облучения	212±7	217±9	221±6	237±9
1	220±8	231±18	237±4	242±9
3	190±4*	193±7*	193±4*	229±10
5	210±6	190±7*	224±5	229±6
7	217±4	221±8	230±6	236±10
15	214±8	211±8	225±6	243±8
30	218±6	238±6	220±4	254±10
60	248±7	255±9	247±6	276±8
90	263±8	258±8	265±6	279±8
120	270±8	266±8	272±5	287±11
160	284±10	289±8	295±8	307±14
190	308±12	305±8	317±8	341±15
220	321±12	318±10	329±7	351±15

* различия по сравнению с исходным уровнем значимы ($p \leq 0,05$).

Количество лейкоцитов в крови животных опытных групп варьировало в зависимости от воздействия и уровня кормления. В группе необлучённых животных (голодавших в течение 4 суток) значимое снижение количества лейкоцитов наблюдали на 5 и 7 сутки (рис. 1). Содержание тёлочек в условиях дефицита кормления (1 месяц) сказывалось на содержании лейкоцитов в крови в течение всего периода исследований, и даже через 2 месяца уровень клеток в крови был ниже исходного на 20,5% ($p < 0,07$) и составлял $6,5 \pm 1,0 \times 10^9/\text{л}$, что, тем не менее, находилось в пределах физиологической нормы $6,1-8,6 \times 10^9/\text{л}$.

Облучение животных приводило к резкому снижению концентрации лейкоцитов крови (рис. 1).

Рис. 1. Динамика изменений количества лейкоцитов ($\times 10^9/\text{л}$) в крови облучённых тёлочек.

На фоне голодания не отмечено первичного abortивного выброса клеток в кровеносное русло как ответной реакции на стресс-воздействие, в том числе – облучение [8]. Наиболее существенное снижение клеток в разгар лучевой болезни (3 сутки после облучения) отмечено в группе облучённых животных в дозе 3,25 Гр и голодавших. На 7 сутки после облучения количество лейкоцитов в крови этой группы тёлочек снизилось до $1,5 \pm 0,5$ ($\times 10^9/\text{л}$).

Следует отметить, что изменения показателей в крови животных, облучённых в равных дозах, но содержавшихся на разных уровнях кормления, были идентичными по направленности, но отличались по абсолютным величинам. На 7 и 30 сутки после облучения количество лейкоцитов у голодавших животных было ниже ($p \leq 0,05$), чем у не голодавших, а показатели животных, облучённых в дозе 2,25 Гр и голодавших, были практически одинаковыми с данными у животных, облучённых в дозе 3,25 Гр и содержавшихся на полноценных рационах питания и содержания в течение всего опыта. Это может быть связано с развитием скрытых повреждений, что отмечается в ряде работ [17-19] по изучению влияния голодания на различные клинико-физиологические показатели животных.

Процесс восстановления количества лейкоцитов в крови опытных животных до исходного уровня был длительным: на 45 сутки после облучения количество лейкоцитов составило $2,6 \pm 0,4$, $2,9 \pm 0,6$ и $4,0 \pm 0,6$ ($\times 10^9/\text{л}$) соответственно для групп животных, облучённых в дозах 2,5 и 3,25 Гр (содержавшихся на сниженном режиме кормления) и 3,25 Гр при кормлении по установленным нормам; на 100 сутки – $4,2 \pm 0,4$; $4,7 \pm 0,8$ и $5,8 \pm 0,8$ ($\times 10^9/\text{л}$), на 200 сутки – $6,4 \pm 0,9$; $6,3 \pm 1,1$ и $6,6 \pm 0,8$ ($\times 10^9/\text{л}$) в том же сравнении. Таким образом, показатель достиг физиологической нормы лишь на 200 сутки после облучения.

Анализ гемограмм периферической крови показал, что лейкопения была обусловлена уменьшением количества лимфоцитов независимо от условий содержания и кормления облучённых животных. Значительное снижение количества лимфоцитов отмечали на 3 сутки после облучения до 15% от исходного уровня у животных, облучённых в дозе 2,5 Гр, у облучённых в дозе 3,25 Гр с сокращённым рационом кормления – 11% и при нормальном кормлении – 13% соответственно. Восстановление числа гранулоцитов наблюдали спустя 9 месяцев после облучения. Полного восстановления гематологических показателей облучённых тёлочек не наступило и через 16 месяцев после воздействия.

Клиническое состояние животных соответствовало проявлению лучевой болезни средней тяжести. Через три недели после облучения отмечали перемежающую лихорадку, учащение дыхания. При этом признаки поражения у животных, облучённых в дозе 2,5 Гр, были менее выраженными и, в основном, фиксировались по угнетению процессов кроветворения. Гибель животных наблюдали в группах, облучённых в дозе 3,25 Гр, на 25-30 сутки после воздействия независимо от уровня кормления и содержания (по 1 животному из каждой группы).

Одной из особенностей эффектов ионизирующих излучений является множественность взаимосвязанных реакций на всех уровнях структурной организации животного организма. Возникающие под влиянием облучения изменения в метаболических системах интегрируются и, в конечном итоге, проявляются в клиническом развитии лучевой болезни.

Динамика содержания общего белка в плазме крови облучённых животных и её волнообразный характер были детерминированы тяжестью и разными фазами развития лучевой болезни. До облучения уровень белка в плазме крови нетелей колебался в пределах физиологической нормы (50-80 г/л) [13]. Содержание общего белка в группе животных, облучённых в дозе 2,5 Гр, не имело значимых отличий от показателей в контрольной группе (животные этих групп голодали и затем содержались в условиях сокращённого рациона питания) за исключением 7 суток, когда уровень белка был на 36% выше. Гиперпротеинемия отражает нарушение в обмене веществ, особенно на фоне голодания. Повышенный катаболизм протеинов приводит к ослаблению синтетической функции печени, и, как следствие, изменяется метаболический пул свободных аминокислот; поступающий в организм животного белок не усваивается [13].

Выраженное снижение общего белка в плазме крови тёлочек на 3 сутки после облучения отмечено в группе животных, облучённых в дозе 3,25 Гр (голодавших). При этом только в этот период различия между данными в группе животных, облучённых в дозе 3,25 Гр и отличающиеся режимом кормления и содержания, были значимыми ($p < 0,05$). Через неделю после воздействия содержание общего белка существенно ($p < 0,05$) увеличивалось, и сохранялась в течение последующих двух недель. На протяжении всего срока наблюдения отмечалась тенденция к более глубоким изменениям показателя в группе голодавших и облучённых в максимальной дозе животных, тогда как величины показателя у животных, облучённых в дозе 2,5 Гр, на фоне голодания были близки к показателям для животных, облучённых в дозе 3,25 Гр, но содержащихся в обычных технологических условиях. Через 2-4 месяца после облучения заметных отклонений от нормальных значений содержания белка не обнаружено.

Изменение, в частности повышение активности щелочной фосфатазы, сопровождается различными нарушениями обменных процессов в тканях организма, проявляется до возникновения явных признаков заболевания и является показателем дистрофических изменений мышечной ткани [20]. При воздействии ионизирующей радиации изменяется как общая активность щелочной фосфатазы, так и её изоферментов [21]. Результаты нашего эксперимента свидетельствуют о выраженном увеличении активности фермента на 1 сутки после облучения, независимо от дозы облучения и условий кормления (рис. 2). Последующее снижение активности в течение 30 суток наблюдения до значений в контрольной группе (кратковременное голодание и содержание на сокращённом рационе) для 8-ми сроков исследования подчинялось логарифмической зависимости с высокими коэффициентами корреляции ($R=0,75$ для голодавших животных, облучённых в дозе 2,5 Гр; $R=0,79$ – в дозе 3,25 Гр и $R=0,64$ – для группы животных, облучённых в дозе 3,25 Гр, находившихся в условиях полноценного кормления). При этом отношения α -

коэффициентов в уравнении для групп животных, облучённых в одной и той же дозе (3,25 Гр), но с разными условиями содержания, составило 1,25; тот же коэффициент при расчёте для групп голодавших животных, облучённых в дозах 2,5 и 3,25 Гр, равнялся 1,07, а при сравнении с группой не подвергавшихся голоданию животных – 1,16. Таким образом, голодание сказывалось на биохимических показателях облучённых животных.

Рис. 2. Активность щелочной фосфатазы в плазме крови облучённых животных (значения активности отнесены к динамическому контролю – группа необлучённых животных в конкретный срок наблюдения).

Вместе с тем, отмеченные колебания активности нельзя рассматривать как результат индуцированных облучением химических изменений в молекулах энзимов, а, скорее, можно объяснить общими нарушениями метаболизма и, прежде всего, структурными изменениями ядер, митохондрий, а также внутри- и межклеточных мембран, вызывающих нарушения в их проницаемости.

Активность альфа-амилазы, участвующей в процессах пищеварения, в плазме крови тёлков зависела от условий их кормления. Полное 4-дневное голодание приводило к резкому выбросу фермента в группе необлучённых животных на 5 сутки наблюдения (через сутки после прекращения голодания). Отмечена тенденция к повышению активности фермента в плазме крови голодавших и облучённых в дозах 2,5 и 3,25 Гр животных на 1 и 3 сутки после воздействия, причём, у животных, облучённых в дозе 3,25 Гр, на 1 сутки активность увеличилась в 3 раза. В группе животных, облучённых в дозе 3,25 Гр, содержащихся на обычном рационе, активность фермента во все сроки наблюдения (2 мес.) была близка к значениям активности в группе животных, облучённых в дозе 2,5 Гр. Чёткой дозовой зависимости активности фермента не отмечено, хотя, по некоторым данным, изменение активности этого фермента (как и щелочной фосфатазы и её изоферментов [21]) могут быть использованы в качестве биоиндикатора радиационного воздействия [22].

Таким образом, изменение жизненно важных показателей может являться критерием необратимых метаболических сдвигов, обусловленных действием как гамма-излучения, так и других стресс-факторов. Отмеченные в эксперименте различия ответных реакций на облучение в одной и той же дозе на фоне кратковременного полного голодания свидетельствуют о более глубоком поражении органов и тканей, вместе с тем, возвращение величин показателей к физиологической норме позволяет сделать заключение о высоких адаптивных возможностях организма.

Исследование репродуктивной способности подопытных тёлочек проводили на протяжении двух лет. Наблюдение за животными показало, что течка и охота у тёлочек проходила сглаженно, без яркого проявления. Внешнее гамма-облучение в дозах 2,5 Гр и 3,25 Гр и временное сокращение уровня кормления не вызывали изменений в регулярности и проявлении половых циклов.

У тёлочек контрольной группы (не подвергавшихся облучению, а только кратковременному изменению режима кормления и содержания) половой цикл составлял 20-22 суток, нарушений в ритмичности и проявлении половых циклов у контрольных животных не выявлено. Плодотворное осеменение 3 тёлочек (75%) из контрольной группы наступило после первого осеменения и у четвёртой – после второго осеменения.

Половой цикл тёлочек, облучённых в дозе 2,5 Гр, в среднем был равен 19-22 суткам. При ректальном обследовании в яичниках животных не регистрировали нарушений фолликулообразования. Плодотворное осеменение 5 тёлочек (83%), облучённых в дозе 2,5 Гр, наступило после первого осеменения, у одной тёлочки – после второго осеменения. Продолжительность половых циклов у тёлочек, облучённых в дозе 3,25 Гр, при полноценном кормлении составляла от 17 до 22 суток. Плодотворное осеменение 4 тёлочек (80%) наступило после первого осеменения, у пятой тёлочки после трёх осеменений. У пяти животных, облучённых в дозе 3,25 Гр и подвергавшихся воздействию изменённого режима кормления, длительность половых циклов составляла от 18 до 24 суток. Плодотворное осеменение 4 тёлочек (80%) из данной группы наступило после первого осеменения. Однако у одной из тёлочек через 27 суток после оплодотворения наблюдали кровотечение из матки и гибель плода. У пятого животного из этой группы на протяжении всего периода исследований плодотворное осеменение не наступило. Таким образом, в этой группе животных беременность сохранилась у трёх тёлочек (40%).

Наблюдение за течением беременности не выявило отклонений от нормы как у облучённых, так и у контрольных животных. Отёлы наступали в положенный срок (285 ± 14 сут после осеменения), проходили в основном в ночные часы. Послеродовой период так же проходил без осложнений. Восстановление слизистой оболочки влагалища наступало в течение 7-8 суток после отёла. В яичниках пальпировались растущие фолликулы. Как у контрольных, так и у облучённых животных окончательная инволюция половых органов коров после отёла завершалась через 23-25 суток.

Наблюдения за потомством проводили в течение двух месяцев после рождения. В ходе наблюдений и анализа клинико-гематологических показателей не обнаружено достоверных различий в росте и развитии телят, полученных от контрольных и облучённых коров. Живая масса телят при рождении составляла $29 \pm 1,5$ кг в контрольной группе и $31,0 \pm 0,6$; $31,0 \pm 1,6$ и $30,0 \pm 1,5$ кг в группах телят от коров, облучённых в дозах 2,5 и 3,25 Гр в условиях временного голодания матерей и 3,25 Гр – при полноценном кормлении (различия недостоверны) (табл. 3).

Таблица 3

Динамика живой массы телят

Возраст телят, сутки	Доза облучения матерей, Гр			
	0	2,5	3,25	3,25 (группа 4)
	Среднесуточный привес, г/сут			
10	640 ± 100	690 ± 30	640 ± 100	710 ± 100
30	740 ± 100	710 ± 50	710 ± 100	750 ± 100
30-60	710 ± 50	720 ± 30	700 ± 40	740 ± 100

Все выжившие телята от животных разных опытных групп развивались без отклонений от нормы. В течение второго месяца жизни среднесуточные привесы потомства были несколько ниже. По показателям роста и развития, клинического состояния и поведения телята соответствовали требованиям зоотехнических нормативов для молодняка данной породы.

Таблица 4

Показатели периферической крови телят

Показатели	Доза облучения матерей, Гр			
	0	2,5	3,25	3,25 (группа 4)
Гемоглобин, %	96±11	99±6	107±6	92±5
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	6,5±0,8	6,0±0,4	7,4±0,6	6,2±0,6
Тромбоциты, $\times 10^9/л$	261±35	234±23	261±30	229±31
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	7,5±0,7	7,9±0,7	7,1±0,8	7,4±1,4
Лимфоциты, %	59±1	67±9	49±10	55±12
Нейтрофилы палочкоядерные, %	1,5±0,7	1,3±0,2	2,2±0,5	1,7±0,2

В возрасте двух месяцев у телят были проведены исследования периферической крови. Количество лейкоцитов в периферической крови у животных всех групп находилось в пределах нормы и варьировало в пределах 7,1-7,9 ($\times 10^9/л$), как и содержание лимфоцитов и нейтрофилов (табл. 4). Значимых отклонений в величине показателей – эритроциты, тромбоциты, гемоглобин – в различных опытных группах не установлено.

Заключение

Исследование клинко-физиологического состояния, динамики биохимических показателей крови и воспроизводительных качеств тёлочек чёрно-пёстрой породы 14-18-месячного возраста показало, что внешнее гамма-облучение в дозах 2,5 и 3,25 Гр вызывало лучевую болезнь, проявляющуюся характерными признаками: изменение общего состояния животных, гибель части животных на 25-30-е сутки после облучения, значительные нарушения гематологических показателей в течение длительного периода времени. Картина лучевой болезни была типична для данного вида животных. Полное голодание в течение 4 суток и снижение питательности рациона на протяжении 1 месяца после облучения оказали отягчающее влияние на динамику гематологических и биохимических показателей, но не сказывались на выживаемости животных. Полного восстановления показателей после радиационного поражения у животных, перенесших лучевую болезнь, не наступает.

Показано, что при изменении уровня кормления (полное голодание в течение 4 суток и сокращённый рацион в течение последующего месяца после облучения) способность к воспроизводству сохраняется. Однако в первые 1-2 месяца после облучения у тёлочек наблюдается повышенная ранимость слизистых оболочек родовых путей. Поэтому до исчезновения клинических признаков лучевой болезни проведение гинекологических обследований и осеменения не рекомендуется. Потомство, полученное от облучённых в дозе 2,5 Гр животных, не отличается по росту, развитию и жизнеспособности от телят, матери которых не подвергались облучению, но содержались в условиях полного голодания и частичного сокращения кормления. При внешнем гамма-облучении тёлочек в дозе 3,25 Гр в сочетании с серьёзным изменением рациона кормления увеличивается вероятность получения потомства с пониженной жизнеспособностью.

Литература

1. **Полянцев Н.И.** Воспроизводство в промышленном животноводстве. М: Росагропромиздат, 2012. 240 с.
2. **Семиволос А.М.** Ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных. Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014. 93 с.
3. **Масалов В.Н.** Зависимость репродуктивной функции чёрно-пёстрых голштинизированных коров от разных факторов //Зоотехния. 2007. № 4. С. 25-27.
4. **Оножеев А.А.** Общая патология: учебное пособие. 2-е изд, перераб. и доп. /под ред. А.А. Оножеева, Р.Р. Игнатьева. Улан-Удэ: Изд-во ФГОУ ВПО «БГСХА им. В.Р. Филиппова», 2009. 136 с.
5. **Вайсерман А.М., Кошель Н.М., Мехова Л.В., Войтенко В.П.** Радиационный гормезис в экспериментальных исследованиях //Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2011. Т. 56, № 4. С. 5-16.
6. **Конопля Е.Ф., Верещако Г.Г., Ходосовская А.М., Рыбаков В.Н.** Морфофункциональное состояние репродуктивной системы крыс-самцов после хронического низкоинтенсивного облучения в дозе 1,0 Гр //Радиационная биология. Радиоэкология. 2002. Т. 42, № 2. С. 136-140.
7. **Асташева Н.П., Лазарев Н.М.** Влияние внешнего облучения и криоконсервации на качество спермы быков-производителей //Радиация и риск. 2014. Т. 23, № 3. С. 26-33.
8. **Исамов Н.Н., Исамов Н.Н. мл.** Радиобиология и радиоэкология лошадей /под ред. акад. Россельхозакадемии Р.М. Алексахина. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2009. 112 с.
9. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное /под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. М., 2003. 456 с.
10. Радиобиология. Радиационная безопасность сельскохозяйственных животных /под ред. В.А. Бударкова, А.С. Зенкина. М.: Колос, 2008. 351 с.
11. Физиологические, биохимические и биометрические показатели нормы экспериментальных животных. Справочник. СПб: Изд-во «ЛЕМА», 2013. 116 с.
12. **Васильева Е.А.** Клиническая биохимия сельскохозяйственных животных. М: Россельхозиздат, 1982. 254 с.
13. **Громыко Е.В.** Оценка состояния организма коров методами биохимии //Экологический вестник Северного Кавказа. 2005. № 2. С. 80-94.
14. **Яковенко А.М., Антоненко Т.И., Селионова М.И.** Биометрические методы анализа качественных и количественных признаков в зоотехнии. Учебное пособие /под ред. А.М. Яковенко, Т.И. Антоненко, М.И. Селионова. Ставрополь: Агрус, 2013. 91 с.
15. ГОСТ 33215-2014. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила обслуживания помещений и организации процедур. М.: «Стандартинформ», 2016. 14 с.
16. **Губарева О.С.** Влияние внешнего γ -облучения овец на воспроизводство и переваримость питательных веществ при пониженных уровнях кормления //Радиация и риск. 2012. Т. 21, № 2. С. 27-32.
17. **Гарашенко С.В.** Влияние кормового стресса при полном голодании на висцеральные функции у собак и коррекция стресс-реакций циклосилолом: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Тюмень: ИВМ ОмГАУ, 2003. 16 с.
18. **Иванова В.Ф., Пузырев А.А., Костюкевич С.В., Драй Р.В.** Структурные изменения в стенке кишки крыс при голодании //Морфология. 2009. Т. 136, № 6. С. 62-68.
19. **Скверчинская Е.А., Тавровская Т.В., Новожилов А.В.** Активность Na^+ , K^+ -АТФазы эритроцитов крыс при продолжительном алиментарном голодании //Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2013. Т. 49, № 2. С. 144-152.
20. **Григорьева Т.Е., Юрьева Е.В., Иванов Г.И.** Изоферментный состав щелочной фосфатазы сыворотки крови крупного рогатого скота в зависимости от возраста и физиологического состояния животных //Сельскохозяйственная биология. 1991. Вып. 4. С. 40-43.

21. Willich N., Stamm A., Bogl W. Serum-amylase and other enzymes as indicators of radiation damage //BGA Schriften. 1986. V. 2. P. 181.
22. Ульяненко Л.Н. Биохимические аспекты и основы биологической индикации радиационного поражения сельскохозяйственных животных: дис. ... докт. биол. наук. Обнинск, 1990. 410 с.

Effects of ionizing radiation and feeding restriction on physiological, clinical, biochemical parameters and fertility of heifers (experimental research)

Astasheva N.P.¹, Ulyanenko L.N.²

¹ Technological University, Korolyov;

² A. Tsyb MRRC, Obninsk

Chernobyl accident, its effects on human health, environment, agriculture and farm livestock set up a problem of preparedness and response to radiation emergency for veterinarians. To identify measures for preparedness and mitigating adverse effects of radiation on livestock we should know response of animals to external and internal radiation, as well as effects of confounding factors. The article presents results of the experiment aimed to describe combined effect of external γ -radiation and feeding level on health status, physiological and biochemical parameters and fertility in heifers. Twenty two heifers of black-and-white breed (age 14-18 months) were exposed to sublethal doses of external gamma-radiation (2.5 и 3.25 Gy), in postradiation period the scenario modelling the worst post-emergency housing and maintenance was applied: 4-day hunger, 1 month - feed restrictions. Health and physiological status as well as the dynamic of the biochemical parameters of blood and reproductive capacity were estimated. On the 3rd day after radiation exposure and hunger the body weight of the heifers decreased by 22-28 kg, $p < 0.05$. In the animals exposed to 3.25 Gy, not experiencing hunger, no changes in the body weight were found. The most decrease in white blood cells (WBC) count was found in the animals exposed to 3.25 Gy and experienced hunger on the 3rd day following irradiation. On the 7th day after exposure of the animals experiencing feed restrictions to 3.25 Gy the WBC count decreased by 5 times. Changes in such biochemical parameters as total protein content, alkaline phosphatase activity and alpha-amylase activity in the blood plasma were of wave-like nature due to severity of postradiation health disorder, different phases of radiation damage, restricted feeding regime and maintenance. During the follow-up period we observed the largest changes in biochemical parameters in the group of heifers experienced feed restrictions and exposed to 3.25 Gy. In the animals exposed to 2.5 Gy and experienced feed restrictions biochemical parameters were close to the parameters in the heifers exposed to 3.25 Gy and fed standard diet. Exposure to external gamma-radiation to 2.5 and 3.25 Gy and temporary diet restrictions did not cause any changes in the regularity and manifestation of sexual cycles. All animals exposed to radiation dose of 3.25 Gy and fed standard diet gave birth to their calves, 60% of animals exposed to 3.25 Gy and experienced feeding restrictions gave birth to calves. Health status of calves in both groups of both group, similar. Investigations with animals were carried out in accordance with the basic requirements of the Russian national standard GOST 33215-2014.

Keywords: *external gamma-irradiation, change technology content, feeding restriction, sexually mature heifers, health and physiological status, biochemical parameters, reproductive capacity.*

References

1. Polyantsev N.I. *Vosproizvodstvo v promyshlennom zhivotnovodstve* [Reproduction in the livestock industry]. Moscow, Rosagropromizdat Publ., 2012. 240 p.
2. Semivolos A.M. *Veterinarnoe akusherstvo i biotekhnika reproduksii zhivotnykh* [Veterinary obstetrics and bioengineering of animal reproduction]. Saratov, «Saratovskiy GAU» Publ., 2014. 93 p.
3. Masalov V.N. *Zavisimost' reproduktivnoy funktsii cherno-pestrykh golshtinizirovannykh korov ot raznykh faktor* [The dependence of reproductive function black-and-white holsteinized cows of different factors]. *Zootekhnika – Husbandry*, 2007, no. 4, pp. 25-27.

Astasheva N.P.* – Prof., D.Sc., Biol. Technological University. Ulyanenko L.N. – Lead. Res., Prof., D.Sc., Biol. A. Tsyb MRRC.
*Contacts: 42 Gagarin St., Korolyov, Moscow region, Russia, 141075. Tel.: 8(905)5547156; e-mail: Ast10N@mail.ru.

4. **Onozheev A.A.** Obshchaya patologiya: uchebnoe posobie. [General pathology: textbook]. Ulan-Ude, Publ. BGSHA im. V.R. Filippova, 2009. 136 p.
5. **Vayserman A.M., Koshel' N.M., Mekhova L.V., Voytenko V.P.** Radiatsionnyy gormezis v eksperimental'nykh issledovaniyakh [Radiation hormesis in experimental studies]. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'* – *Medical Radiology and Radiation Safety*, 2011, vol. 56, no. 4, pp. 5-16.
6. **Konoplya E.F., Vereshchako G.G., Khodosovskaya A.M., Rybakov V.N.** Morfofunktsional'noe sostoyanie reproduktivnoy sistemy krysa-samtsov posle khronicheskogo nizkointensivnogo oblucheniya v doze 1,0 Gr [Morphofunctional-channel state of the reproductive system of male rats after chronic low-level exposure to a dose of 1.0 Gy]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya – Radiation Biology. Radioecology*, 2002, vol. 42, no. 2, pp. 136-140.
7. **Astasheva N.P., Lazarev N.M.** Vliyanie vneshnego oblucheniya i kriokonservatsii na kachestvo spermy bykov-proizvoditeley [The influence of external irradiation and cryopreservation on sperm quality cattle producers]. *Radiatsiya i risk – Radiation and Risk*, 2014, vol. 23, no. 3, pp. 26-33.
8. **Isamov N.N., Isamov N.N. Jr.** Radiobiologiya i radioekologiya loshadey [Radiobiology and radioecology of horses]. Ed.: R.M. Aleksakhin. Obninsk, RIARAE Publ., 2009. 112 p.
9. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Spravochnoe posobie. 3 izdanie. [Norms and rations of feeding of agricultural animals. A reference guide]. Eds.: A.P. Kalashnikov, V.I. Fisinin, V.V. Shcheglov, N.I. Kleymenov. Moscow, 2003. 456 p.
10. Radiobiologiya. Radiatsionnaya bezopasnost' sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Radiobiology. Radiation safety of agricultural animals]. Eds.: V.A. Budarkov, A.S. Zenkin. Moscow, Kolos Publ., 2008. 351 p.
11. Fiziologicheskie, biokhimicheskie i biometricheskie pokazateli normy eksperimental'nykh zhivotnykh. Spravochnik [Physiological, biochemical and biometric indices of the norms of experimental animals. Reference]. Saint Petersburg, «LEMA» Publ., 2013. 116 p.
12. **Vasil'eva E.A.** Klinicheskaya biokhimiya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [The clinical biochemistry of farm animals]. Moscow, Rossel'hozizdat, 1982. 254 p.
13. **Gromyko E.V.** Otsenka sostoyaniya organizma korov metodami biokhimii [Assessment of the body of cows by methods of biochemistry]. *Ekologicheskij vestnik Severnogo Kavkaza – Ecological Bulletin of the North Caucasus*, 2005, no. 2, pp. 80-94.
14. **Yakovenko A.M., Antonenko T.I., Selionova M.I.** Biometricheskie metody analiza kachestvennykh i kolichestvennykh priznakov v zootekhnii. Uchebnoe posobie [Biometric methods of analysis of qualitative and quantitative traits in animal science. Textbook]. Eds.: A.M. Yakovenko, T.I. Antonenko, M.I. Selionov. Stavropol', Agrus Publ., 2013. 91 p.
15. GOST 33215-2014. Rukovodstvo po sodержaniyu i ukhodu za laboratornymi zhivotnymi. Pravila oborudovaniya pomeshcheniy i organizatsii protsedur [The State Standard «Guidelines for accommodation and care of animals. Environment, housing and management»]. Moscow, «Standartinform», 2016. 14 p.
16. **Gubareva O.S.** Vliyanie vneshnego oblucheniya ovets na vosproizvodstvo i perevarimost' pitatel'nykh veshchestv pri ponizhennykh urovnyakh kormleniya [Effect of external exposure gamma-radiation and reduced feed intake on reproduction and digestibility in ewes]. *Radiatsiya i risk – Radiation and Risk*, 2012, vol. 21, no. 2, pp. 27-32.
17. **Garashchenko S.V.** Vliyanie kormovogo stressa pri polnom golodanii na vistseral'nye funktsii u sobak i korrektsiya stress-reaktsiy tsiklosilolom. Avtoref. diss. kand. med. nauk [The Influence of feed stress at full starvation on visceral function in dogs and correction of stress reactions by ziklosellol. Can. med. sci. diss.]. Tjumen', 2003. 16 p.
18. **Ivanova V.F., Puzyrev A.A., Kostyukevich S.V., Dray R.V.** Strukturnye izmeneniya v stenke kishki krysa pri golodanii [Structural changes in the intestinal wall of rats under fasting]. *Morfologiya – Morphology*, 2009, vol. 136, no. 6, pp. 62-68.

19. **Skverchinskaya E.A., Tavrovskaya T.V., Novozhilov A.V.** Aktivnost' Na^+ , K^+ -ATFazy eritrotsitov kryс pri prodolzhitel'nom alimentarnom golodanii [Activity of Na^+ , K^+ -ATPase of erythrocytes of rats during prolonged nutritional starvation]. *Zhurnal evolyutsionnoy biokhimii i fiziologii – Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 2013, vol. 49, no. 2, pp. 144-152.
20. **Grigor'eva T.E., Yur'eva E.V., Ivanov G.I.** Izofermentnyy sostav shchelochnoy fosfatazy syvorotki krovi krupnogo rogatogo skota v zavisimosti ot vozrasta i fiziologicheskogo sostoyaniya zhivotnykh [Isozyme composition of alkaline phosphatase of blood serum of cattle based on age and fisiological status of animals]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya – Agricultural Biology*, 1991, no. 4, pp. 40-43.
21. **Willich N., Stamm A., Bogl W.** Serum-amylase and other enzymes as indicatore radiation damage. *BGA Schriften*, 1986, vol. 2, pp. 181-183.
22. **Ul'yanenko L.N.** Biokhimicheskie aspekty i osnovy biologicheskoy indikatsii radiatsionnogo porazheniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Diss. dokt. biol. nauk [Biochemical aspects and fundamentals of biological indication of radiation injury of agricultural animals. Dr. biol. sci. diss.]. Obninsk, 1990. 410 p.