

**Национальная академия наук Кыргызской Республики  
Институт биотехнологии**

Диссертационный совет Д 03.10.418

*На правах рукописи*

УДК 591.1:636.2: 502.7 (574)(043.3)

**АЙДАРХАНОВА ГУЛЬНАР САБИТОВНА**

**Экологические последствия радиационного воздействия на организм  
крупного рогатого скота в агроэкосистемах, прилегающих к территории  
Семипалатинского испытательного полигона**

03.03.01 - физиология

03.02.08 – экология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук

Бишкек – 2011

**Работа выполнена в Научно-исследовательском институте  
«Физиологии человека и животных»  
Министерства образования и науки Республики Казахстан**

**Научный консультант:** доктор биологических наук, профессор  
**Мурзахметова Майра Кабдрушевна**

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук  
**Каркобатов Хасан Жолдубаевич**  
доктор биологических наук, профессор  
**Мирзадинов Рашид Абу-Аскаревич**  
доктор биологических наук  
**Айтуганов Марат Джеенбекович**

**Ведущая организация:** Казахский Национальный университет  
имени аль-Фараби

Защита состоится «\_30\_» июня\_ 2011 в 10 часов на заседании диссертационного совета Д.03.10.418 при Институте биотехнологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, Кыргызская Республика, г.Бишкек, проспект Чуй, 265.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке Национальной академии наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, г.Бишкек, проспект Чуй, 265а.

Автореферат разослан «\_30\_» мая\_2011

Ученый секретарь  
Диссертационного совета,  
кандидат биологических наук, с.н.с. \_\_\_\_\_ Корчубекова Т.А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Испытания ядерного оружия в воздухе, на земле и под землей способствовали загрязнению всех компонентов окружающей среды радиоактивными веществами, нарушению природного равновесия растительного и животного мира, ухудшению общей экологической ситуации в регионе Семипалатинского испытательного полигона (СИП) [Смагулов С.Г., 1995; Yamamoto M., 1997; Батырбеков Г.А., 1999]. При испытаниях на СИП были произведены взрывы, мощность которых составила 17 400 000 тонн тринитротолуолового эквивалента. Они привели к повышению уровня радиоактивного загрязнения в местном, региональном масштабах, нарушению экологического равновесия биологических систем, ухудшению здоровья населения [Stegnar P., 1993; Каюпова Н.А., 2004]. Радиационному воздействию на СИП подверглись 1,6 миллиона человек. Высокие уровни радиации привели к статистически значимому увеличению числа раковых заболеваний у лиц, подвергавшихся воздействию на протяжении многих лет и получивших самые высокие дозы радиации [Гусев Б.И., 1994; Раисов Т.Г., 1998; Ахматуллина Н.Б., 2001; Святова Г.С., 2003]. Продукты ядерных взрывов, выпавшие на поверхность почвенно-растительного покрова, в результате многолетних испытаний образовали участки локальных радиоактивных загрязнений. В отдаленные сроки актуальными стали вопросы хронического воздействия радионуклидов на популяции и экосистемы малых доз облучения. В научных исследованиях эти вопросы широко затронуты [Алексахин Р.М., 1987; Данияров С.Б., 1990; Wright E.G., 2001; Бурлакова Е.Б., 2006; Быковченко Ю.Г., 2008; Дженбаев Б.М., 2009] многими специалистами. Проведены наиболее обширные эксперименты и достигнуты значительные успехи в понимании радиационной защиты населения [Hess E.V., 2002; Брешиньяк Ф., 2003; Жетписбаев Г.А., 2005]. В настоящее время эпидемиологические исследования являются единственным источником данных о прямых последствиях действия ионизирующего излучения на живые организмы [Балмуханов С.Б., 1998; Цыб А.Ф., 2005]. Авторами было доказано, что экологические условия - важный фактор формирования радиационных эффектов в отдаленные сроки после проведенных ядерных испытаний [Санжарова Н.И., 1991; Мазурик В.К., Ashton J., 1998; Собуров К.А., 2002; Абдылдаев А., 2009]. В связи с этим, изучение радиоэкологической ситуации на основной части территории полигона, используемой в хозяйственных целях, является одним из приоритетных задач прикладных исследований [Алексахин Р.М., 1991; Таскаев А.И., 2003; Gudkov Y.M., 2006]. Действие радиоактивных загрязнителей проявляется на различных структурных уровнях организма, начиная с молекулярного и клеточного. Биохимическим процессам принадлежит ключевая роль в обеспечении и регуляции физиологической стабильности организмов (сохранении гомеостаза) [Strand H., 2000]. Признано,

что одним из механизмов токсического действия радионуклидов является образование свободных радикалов и интенсификация окислительных процессов [Hall E.J.,1998], наиболее чувствительными к действию излучения и инкорпорированных радионуклидов является кроветворная система [Ярмоненко С.П.,1988]. Международными экспертами в области радиоэкологии сельскохозяйственных животных с учетом основных принципов радиационной защиты окружающей среды предлагается включить в состав референтной фауны крупный рогатый скот (КРС). КРС является типичным представителем конкретных экосистем, может служить информативным биологическим индикатором загрязнения окружающей среды, сравним с человеком по чувствительности к действию ионизирующей радиации [Бударков В.А., 2008]. В связи с вышеизложенным, представляет интерес определение биологических эффектов радиационного воздействия в отдаленный период после испытаний на компоненты природной среды и живые организмы, длительно обитающих в агроэкосистемах территории СИП.

**Связь данной работы с другими НИР, различными государственными и международными программами.** Работа выполнена в рамках Республиканской целевой научно-технической программы (РЦНТП) «Развитие атомной энергетики в Казахстане» (1993-1998, 1999-2003 г.г.), проекта МНТЦ К-53 «Характеризация радиоактивных и нерадиоактивных загрязнителей на СИП»(1996-1999 г.г.), проекта НАТО (Jul - 3325) «Радиологическая оценка НАТО-Семипалатинск» (1995-1997г.г.)

**Целью** работы явилась оценка современной радиоэкологической ситуации агроэкосистем территории Семипалатинского испытательного полигона и отдаленных биологических эффектов на организм сельскохозяйственных животных для прогноза неблагоприятных последствий. В соответствии с целью работы были сформулированы следующие **задачи**:

- 1) определить основные радиоэкологические характеристики аэрозолей, как источников радиоактивного загрязнения агроэкосистем;
- 2) изучить характер радионуклидной загрязненности почв и растительности пастбищных, сенокосных угодий и пахотных полей;
- 3) установить основные закономерности распределения радионуклидов в различных органах крупного рогатого скота и продукции местного сельскохозяйственного производства;
- 4) выявить зависимость заболеваемости животных от многолетних испытаний ядерного оружия;
- 5) оценить физиолого-биохимические эффекты при хроническом воздействии радионуклидов на организм сельскохозяйственных животных;
- 6) подготовить рекомендации для разработки научно-практических основ ведения сельскохозяйственного производства в местах проведения ядерных испытаний.

**Научная новизна исследований.** Впервые были проведены комплексные исследования и изучены радиоэкологические характеристики основных типов агроэкосистем на территориях, прилегающих к местам проведения ядерных испытаний. Определены закономерности вертикальной миграции радионуклидов в основных экосистемах сельскохозяйственного производства: на пастбищных, сенокосных угодьях и пахотных полях. Установлено, что необрабатываемые территории полигона загрязнены радионуклидами  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , в наибольшей степени. Пик загрязнения растительности и организма крупного рогатого скота наблюдается в весенне-летний период. Представлены репрезентативные виды пастбищных кормовых растений, концентрирующие изучаемые радионуклиды. Показано, что накопление радионуклидов происходит во всех жизненно важных органах животных, обитающих в этой зоне. Наиболее радиопоражаемыми оказались органы пищеварения, кости скелета, печень, регионарные лимфоузлы, селезенка.

Впервые установлено, что нозологический спектр заболеваний включает широкий диапазон. Ведущее место в этом спектре принадлежит заболеваниям органов пищеварения и репродукции. В динамике течения инфекционных заболеваний значительный процент приходится на такие виды как туберкулез, бруцеллез, лейкоз.

Установлено, что в результате хронического облучения в организме животных происходит нарушение окислительно-восстановительного баланса. Обменные процессы в организме животных при длительном радиационном воздействии характеризуются значительным сдвигом углеводно-белкового, аминокислотного метаболизма. У значительной части животных, подверженных длительному облучению, в морфологическом составе периферической крови отмечаются показатели нижнего предела физиологической нормы. Выявленные особенности эпизоотической ситуации по заболеваемости крупного рогатого скота и физиолого-биохимических процессов могут служить основой для биомониторинга состояния организмов на радиоактивно загрязненных территориях.

**Практическая значимость полученных результатов.** Выявленные особенности радиоэкологического состояния пастбищных, сенокосных и пахотных угодий играют важную роль для практического ведения сельского хозяйства при решении вопросов радиационной безопасности сельскохозяйственной продукции, заготавливаемых в данном регионе. Результаты многолетних исследований систематизированы и могут быть основой для возврата земель полигона в хозяйственный оборот. Закономерности распределения радионуклидов в организме крупного рогатого скота будут способствовать более качественному контролю содержания нуклидов в сельскохозяйственной продукции. Состояние окислительно-восстановительных процессов, метаболизм углеводов, белков, аминокислот,

особенности гематологической системы в организме животных служат объективным информативным тестом, определяющим метаболические нарушения при длительном хроническом воздействии радиации на поголовье крупного рогатого скота агроэкосистем территории СИП. Материалы экспериментальных исследований использованы при разработках, направленных на изучение постлучевых поражений организма, для комплексной оценки состояния агроэкосистем, реабилитации здоровья организмов, подвергнутых хроническому облучению низкой интенсивности, включены в учебные программы и спецкурсы для ВУЗов по специальности «Экология»

**Основные положения, выносимые на защиту.** 1. В современных радиоэкологических условиях в агроэкосистемах территории СИП наибольшие значения удельной активности отмечены для почв и растительности естественных пастбищ.

2. Накопление радионуклидов происходит во всех жизненно-важных органах крупного рогатого скота. Радионуклиды аккумулированы в основных видах сельскохозяйственной продукции: грубых и сочных кормах, мясе, молоке, заготавливаемых на территории полигона.

3. Длительное хроническое облучение организма животных в результате поедания загрязненных кормов и внешнего облучения всего поголовья в результате радиационного воздействия, приводит к формированию значимых биологических повреждений в отдаленные сроки после проведенных ядерных испытаний. Нарушения в организме крупного рогатого скота затрагивают такие индикаторные показатели как окислительно-восстановительный баланс, белковый и аминокислотный метаболизм.

4. Ведение сельскохозяйственного производства на территориях, подвергнутых радиоактивному загрязнению в результате выбросов продуктов ядерных взрывов, требует изменений в технологии кормопроизводства и кормления сельскохозяйственных животных, способствующих снижению поступления нуклидов по пищевой и экологической цепочке.

**Личный вклад соискателя.** Планирование исследований, сбор и обработка материалов, проведение лабораторных анализов, обобщение и интерпретация результатов выполнены автором самостоятельно.

**Апробация результатов исследований.** Основные положения диссертации доложены и обсуждены на: международной научно-практической конференции «Совершенствование методов диагностики, терапии и профилактики болезней животных в Казахстане» (Семей, 1995), международной конференции «Радионуклидное загрязнение территории Семипалатинского полигона» (Алматы, 1999), 5 съезде физиологов Казахстана «Физиология, адаптация, стресс» (Караганда, 2003), 5 съезде по радиационным исследованиям (Москва, 2006), международном симпозиуме «Экология и безопасность» (Болгария,

2008), международной конференции «Биосферные территории Центральной Азии как природное наследие» (Бишкек, 2009).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 45 работ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 207 страницах машинописного текста, состоит из общей характеристики работы, 6 глав с изложением результатов собственных исследований, обсуждения, заключения и списка использованных источников, включающих 334 наименования. Работа иллюстрирована 25 рисунками и содержит 37 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе 1 приведен обзор научной литературы по изучаемой проблеме. Проанализированы современные методологии и подходы в изучении объектов агроэкосистем и их компонент, подвергающихся хроническому облучению искусственных радионуклидов.

### ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования.

В качестве объектов исследований использовались компоненты агроэкосистем, расположенных на территориях, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону: пробы аэрозолей, почв, растений, органы и биовыделения животных (кровь, молоко). 1. Мощность экспозиционной дозы внешнего облучения определялась методом гамма-дозиметрии в соответствии с инструкцией полевых дозиметров СРП-68 (Методические указания и инструкции, утвержденные Госстандартом СССР, межведомственной комиссией по радиационному контролю, 1993, 1996)

2. Географические координаты изучаемого опытного участка и реперных точек устанавливали методом топографической привязки с помощью прибора GPS "Magellan".

3. При изучении характеристики растительных сообществ использовались методы геоботанических исследований. В работе использовали метод классификации растительных сообществ, разработанный Б.А.Быковым, "Программа и методика биогеоэкологических исследований" (1974), "Полевая геоботаника. Т.Т. I-IV"(1959, 1960, 1964, 1970, 1976)

4. Цезий-137, стронций-90 в органах животных выделялись по сурьмянойодидному методу радиохимического анализа, в почвах и растениях определяли методом гамма-спектрометрии [Методика экспрессного определения объемной и удельной активности бета-излучающих нуклидов в воде, почве, продуктах питания, продукции животноводства и растениеводства, 1987; Коваленко Л.И., 1987].

5. При изучении пораженности поголовья крупного рогатого скота лейкозом использовался метод иммуноферментного анализа с применением тест-системы DIA-BLV-Ab (набор Т1-12-стрип).

6. Для составления картины эпизоотологической ситуации по заболеваемости поголовья крупного рогатого скота выполнен анализ архивных материалов в области ветеринарной службы с 1965 по 1990 годы.
7. Для установления интенсивности свободно-радикальных процессов и активных форм кислорода в плазме крови животных использовался метод определения коэффициента светопропускания при оптической спектроскопии в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах длин волн. Измерения проводились на спектрофотометрах СФ-236 УВИ (Россия), Spersord (Германия), FTIR 8300 (Япония).
8. Аминокислотный состав плазмы крови животных определяли с использованием метода газовой хроматографии.
9. Гематологические методы были использованы как экспресс методы при изучении морфологического состава периферической крови животных.
10. Элементный состав проб крови определялся по методу рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) на спектрофотометре «Спектроскан» (Россия) с целевым программным обеспечением.
11. Результаты обрабатывали статистически с использованием программы Microsoft Excel, рассчитывая среднюю арифметическую параметров, среднее квадратичное отклонение, ошибку средней арифметической. С учетом критерия Фишера и Стьюдента зарегистрированные изменения показателей считали достоверными при  $p \leq 0,05$ . Результаты радиохимических анализов представлены по сумме средних проб с каждой исследовательской площадки. Всего, при выполнении настоящей работы, на лабораторный анализ использовано 130 проб аэрозолей, 495 проб почвы, 436 проб различных видов кормовых растений; 140 проб органов животных, более 200 проб крови и молока на биохимический анализ.

### ГЛАВА 3. Результаты исследования и их обсуждение.

#### **Основные источники радионуклидного заражения агроэкосистем, прилегающих к местам проведения ядерных испытаний.**

*Основные радиоэкологические характеристики аэрозолей как источников радионуклидного загрязнения экосистем.* Как известно, на территории СИП было проведено более 540 взрывов. Но несмотря на кажущееся обилие проведенных ядерных испытаний, фактическая метеорологическая обстановка способствовала переносу радиоактивных продуктов от 24 испытаний. В аэрозолях воздушного бассейна над территорией СИП превышение удельной активности нуклидов с 1990-х годов не установлено (рис.1). Загрязнение экосистем наиболее интенсивно происходило в осенне-зимний период, и уровень превышения предельных концентраций составлял 1 порядок только в период 1986-1987 г.г., что связано с инцидентом на Чернобыле. Причиной радиоактивного загрязнения аэрозолей являются радионуклиды, вымываемые из атмосферы вместе с водяными осадками: дождем, снегом.



Об этом свидетельствует факт того, что повышенные уровни активности отмечены в зимний период в феврале ( $0,0003 \text{ Ки/км}^2$ ), весной- в мае ( $0,003 \text{ Ки/км}^2$ ), летом- в июне ( $0,0007 \text{ Ки/км}^2$ ), осенью- в октябре ( $0,003 \text{ Ки/км}^2$ ). Выпавшие на поверхность почвы радиоактивные частицы, в дальнейшей миграции загрязняют почвенно-растительный покров. Основная роль в этом принадлежит процессу ветро-пыле-переноса. Наибольший уровень горизонтального переноса радионуклидов происходит на основной территории пастбищных угодий, т.к. местные сельхозпроизводители иногда искусственно устраивают пожары для улучшения качества травостоя, захватывая до 60% общей площади.

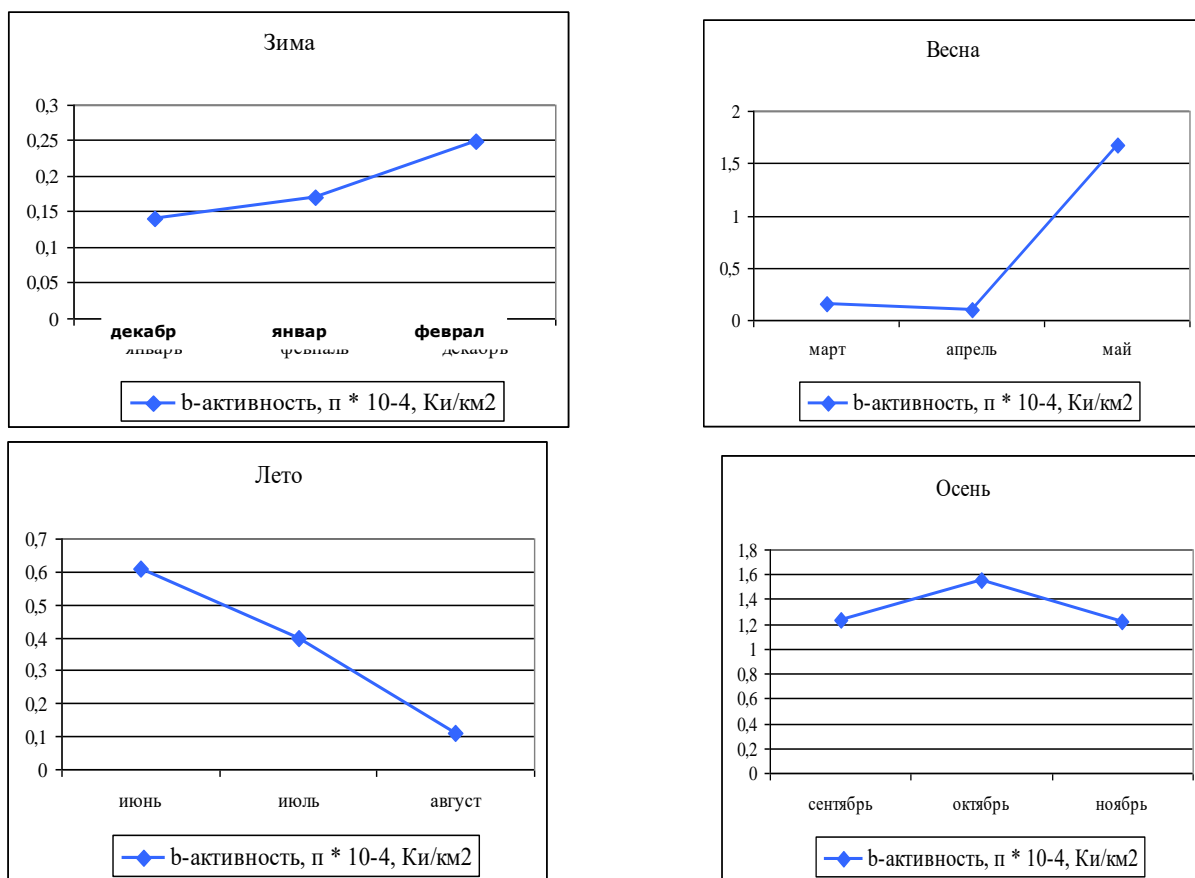


Рис. 1. Сезонная динамика изменения активности атмосферных осадков над территорией агроценозов СИП.

Таким образом, воздушный бассейн над территорией Семипалатинского полигона в настоящее время имеет фоновые уровни загрязненности и составляет не более  $0,003 \text{ Ки/км}^2$ . Диапазон активности аэрозолей варьировал в пределах  $0,0007-0,003 \text{ Ки/км}^2$ .

*Содержание радионуклидов в почвенно-растительном комплексе на пастбищных угодьях, расположенных на территории ядерного*

полигона. Установлено, что в Семипалатинском регионе 88,6% площади занято природными кормовыми угодьями, что определяет структуру и специализацию хозяйствования - животноводство. Пастбища дают 61 % всех видов кормов, заливаемые луговые сенокосы речных долин и межсопочных котловин- 16,4%. Видовой состав растительности, участвующей в биогенной миграции и накоплении химических элементов, оказывает большое влияние на поведение радионуклидов в биосфере. Геоботанические исследования показали, что обширные площади равнин южной, северной частей полигона заселены растительностью степной зоны. В травостое доминирует *Stipa capillata* L., субдоминантами являются *Festuca Valesiaca* Gaudin, разнотравье представлено видами *Artemisia frigida*, полукустарничками (солянка восточная, солонечник узкий), лапчаткой бесстебельной. Проективное покрытие до 35-50 %, продуктивность урожая 339,4-425,8 кг/га. Как видно из результатов исследований, наибольшая концентрация радионуклидов локализована в почвах на глубине до 20 см. Отмеченная динамика вертикальной миграции  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  в почвах типична для основной территории естественных пастбищ и сенокосов (табл. 1-2). Длительное удерживание радионуклидов в верхней части почвы связано с ее органическими компонентами, где содержание гумуса составляет в среднем 1,5 %. Как видно из результатов исследований,  $^{137}\text{Cs}$  оказывается менее подвижным, чем  $^{90}\text{Sr}$ . В условиях сухого климата Казахстана радионуклиды в почвах практически не выносятся из почвенного профиля и накапливаются в гумусовом горизонте, длительное время представляя большую опасность для биогеоценозов. Наибольшая подвижность радионуклидов отмечается в период наибольшего увлажнения почв (в период весеннего снеготаяния), либо в местах увлажнения (пойменные, заливные луга). Предположительно, что наибольший вынос радионуклидов будут осуществлять те растения, основные части корневых систем которых находятся на отмеченной глубине, до 20 см.

Таблица 1 - Распределение радионуклидов по вертикальному профилю почвы на территории СИП, %

Радионуклиды	Интервал глубины			
	0-5 см	5-10 см	10-20 см	20-30 см
$^{90}\text{Sr}$ , %	34	34	32	-
$^{137}\text{Cs}$ , %	79	13	7	1

Данные о радионуклидной загрязненности наиболее распространенных видов степных ценозов свидетельствуют о различной способности аккумулировать радионуклиды у разных таксономических групп растений, подверженных длительному воздействию радиации (табл. 2).

Таблица 2 - Радионуклидное загрязнение растений пастбищных угодий СИП, Бк/кг

Вид растения	Количество проб	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Ковыль сарептский – <i>Stipa sareptana</i> L.	11	6-47	12-30
Типчак бороздчатый- <i>Festuca sulcata</i> Gaudin.	7	10-33	11-18
Полынь холодная- <i>Artemisia frigida</i>	15	23-75	19-41
Мышиный горошек- <i>Vicia grassa</i>	11	45-278	39-290
Щавель конский- <i>Rumex confertus</i>	12	74-726	56-630
Тысячелистник лек..- <i>Millifolium officinalis</i>	12	58-600	52-670
ПДК (норма)		370	50

Примечание- предельно допустимые концентрации (ПДК) по А.Д.Фокину и др, 2005

Как видно из результатов лабораторно-полевых исследований, радиоактивность некоторых видов растений превышает ПДК до десятка раз (табл. 2, 3).

Таблица 3- Радионуклидное загрязнение почв естественных пастбищ, Бк/кг

Местоположение пастбища	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	Число проб
Северная часть полигона, в местах проведения наземных, воздушных испытаний	13 - 900	17 - 1030	45
Южная часть полигона, на «следе» радиоактивных выпадений	15 - 420	26 - 740	130
Восточная часть полигона, на «следе» радиоактивных выпадений	32 - 250	23 - 560	89
Северо-восточное направление от полигона	11 - 75	14 - 90	45
Юго-восточное направление от полигона,	13 - 52	15 - 80	30

Различия в накоплении радионуклидов можно объяснить биологическими особенностями растений, климатическими условиями. Наибольшие активности как  $^{90}\text{Sr}$ , так и  $^{137}\text{Cs}$  установлены для почв пастбищ северных районов полигона, но повышенные уровни отмечены на отдельных участках в южной части.

Данные свидетельствуют о том, что радионуклидная загрязненность пастбищных угодий СИП характеризуется мозаичностью.

*Оценка современного состояния сенокосных угодий на исследуемой территории.* В качестве сенокосных угодий используются участки равнинных территорий, наиболее удобные для применения сельскохозяйственной техники. Наименьшее загрязнение растительности равнинных территорий свидетельствует о том, что содержание радионуклидов обусловлено только глобальными выпадениями, т.е. аэрозольными частицами из стратосферного резервуара. Эти исследовательские площадки расположены достаточно далеко от локальных зон радиоактивного загрязнения (более 15 км от радиоактивных штолен массива ДЕГЕЛЕН, либо от участка БАЛАПАН) на равнинной местности. По данным лабораторных анализов, рассчитаны средние значения по  $^{137}\text{Cs}$  в исследованных агроэкосистемах (рис. 2). Средние концентрации  $^{137}\text{Cs}$  характеризуются следующими величинами: *пастбища*-  $44,6 \pm 2,23$ ; *сенокосные угодья* -  $31,8 \pm 1,06$ ; *пашни*-  $23,6 \pm 1,17$ . Установлено, что наибольший вынос радионуклидов из почвы на сенокосных угодьях также происходит в весенне-летний период. В таблице 4 представлены сводные данные, характеризующие загрязненность растений естественных пастбищ и сенокосов.

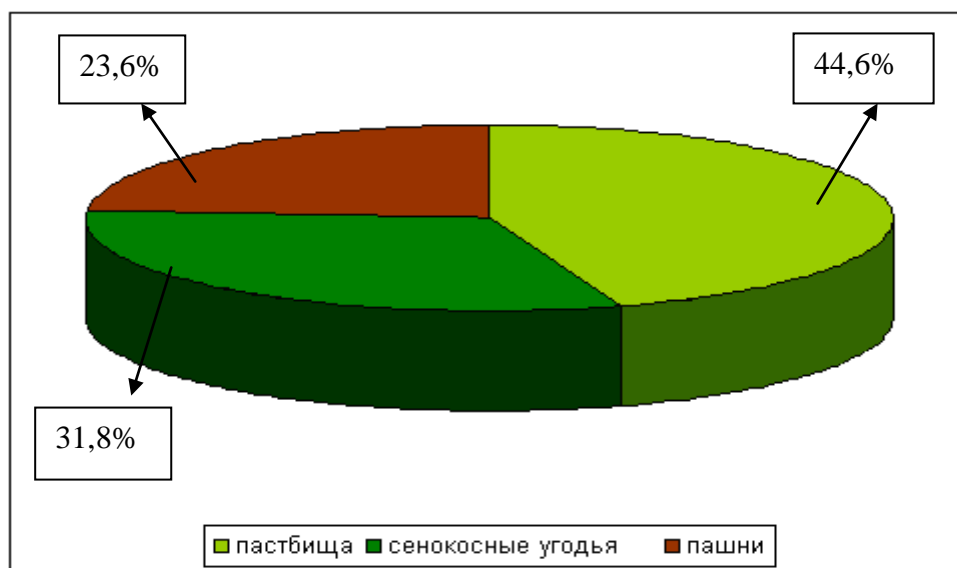


Рис. 2. Суммарные значения  $^{137}\text{Cs}$  в исследованных агроэкосистемах, %.

Таким образом, накопление радионуклидов в растительности зависит от местоположения исследуемой агроэкосистемы, а также ее роли в сельскохозяйственном производстве. Концентрация радионуклидов в сочных кормах, сене, заготавливаемых на этих сенокосных угодьях зависит от вида

растения, а также от фазы его вегетации. На основной территории сенокосов радионуклиды почвенно-растительного покрова характеризуются активностями ниже допустимых уровней.

*Радионуклидное загрязнение сельскохозяйственных культур, выращиваемых на пашнях, расположенных на территории полигона.* В отдаленные сроки после проведенных ядерных испытаний в цепочку «почва-растение-животное-человек» также привносятся  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ . В таблице 5 приведены значения удельной активности изучаемых радионуклидов в сельскохозяйственных растениях. Анализ полученных результатов показывает, что радионуклиды включены во все исследуемые зерновые культуры. Незначительная аккумуляция радионуклидов растительностью на обрабатываемых землях отмечена на всей территории СИП. Распашка земель, как правило, приводит к искусственной гомогенизации радионуклидов на глубину пахотного слоя, и поступление нуклидов в урожай через корневую систему значительно снижается. Антропогенное радиационное воздействие на основной территории полигона обуславливает хроническое облучение низкой интенсивности.

Таблица 4 - Сравнительная характеристика радионуклидной загрязненности растений сельскохозяйственных угодий, ( $M \pm m$ ) Бк/кг

Название экосистемы	Количество проб	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Пастбище в южной части полигона	90	$93 \pm 7,8$	$329,8 \pm 32,4$
Пастбища в северной части полигона	90	$66 \pm 5,9$	$52,8 \pm 3,9$
Пастбища мелкосопочника на севере полигона	75	$94 \pm 21,6$	$16,5 \pm 2,0$
Пастбище в долине естественных ручьев	50	$29 \pm 2,3$	$55 \pm 5,2$
Пастбище в долине радиоактивных ручьев	50	$21731 \pm 109$	$24012 \pm 265$
Пастбища межгорных долин	50	$163,6 \pm 23,1$	$16,6 \pm 1,7$
Сенокосное угодье на юге полигона	30	$20,4 \pm 1,9$	$86 \pm 7,3$
Сенокосные угодья в северной части СИП	30	$17 \pm 0,5$	$20,6 \pm 2,6$
Норма (ПДК)		370	50

Примечание -  $P < 0,05$

Особенно этот процесс ярко выражен в агроэкосистемах на территориях пахотных полей. Естественное заглубление радионуклидов в нижележащие слои почвенного покрова при распашке замедляется и будет способствовать длительному периоду загрязнения растительности на этих территориях.

Таблица 5 - Концентрация радионуклидов в зерновых культурах, (M±m) Бк/кг, (n=45)

Наименование культуры	Вид пробы	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs
Рожь	зерно	0,6±0,002	0,7±0,002
Пшеница	зерноотходы	1,1±0,004	0,9±0,004
Ячмень	зерно	0,5±0,002	0,4±0,001
Подсолнух	семена	0,3±0,001	0,2±0,001
Кукуруза	сырье для силоса	0,7±0,003	0,3±0,002
ПДК (норма)		40	60

Примечание - P<0,05; ПДК по А.Д.Фокину и др, 2005

Результаты анализов показывают, что специалистам и руководителям животноводческих комплексов в регионе следует пересмотреть технологию кормления животных и кормопроизводства. В целом, состояние кормовой базы территории полигона характеризуется широким диапазоном радионуклидной загрязненности (от 0,2 до 670 Бк/кг). Самые низкие активности характерны для товарного зерна, зернофуража, где максимум по <sup>90</sup>Sr составил 1,1±0,004, по <sup>137</sup>Cs- 0,9±0,004. Более высокие активности радионуклидов <sup>90</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs отмечены в составе сочных кормов и их величины превышают ПДК до десятка раз.

#### ГЛАВА 4. Мониторинг накопления радионуклидов в организме животных

Необходимость изучения концентрации радиоактивных веществ в организме различных животных диктуется важностью определения дозовой нагрузки на организм человека. На основной территории СИП проживало и проживает сельское население, употребляющее продукты местного производства. Среди отраслей сельскохозяйственного производства ведущее место занимает животноводство, в основе которого лежит выращивание крупного рогатого скота (37%), затем овцеводство (29%), коневодство (21%). На остальные виды: свиноводство, птицеводство, кролиководство приходится 13%. Анализ данных фондовых материалов показал, что локально загрязненные участки образовались по всей территории полигона, так как после взрыва основная масса изотопов оседает на ограниченной территории. Эти участки в дальнейшем создают локально повышенные уровни излучения и тем самым представляют опасность для животных и населения. Ретроспективный анализ показал, что в окрестностях озера Балапан были отмечены высокие уровни активности в почве, растениях, воде. Величины удельной активности радионуклидов в растениях достигали (177-684 нКи/кг <sup>90</sup>Sr; 2650,0-4860 нКи/кг <sup>137</sup>Cs), в организме животных (30-110 нКи/кг), молоке (9,8- 23 нКи/л) в период

проведения ядерных испытаний. Эти результаты свидетельствуют о том, что в эпицентрах ядерных испытаний все компоненты биосферы подвергаются радиационному воздействию наиболее высокого уровня.

*Концентрации радионуклидов в различных органах сельскохозяйственных животных.* Загрязнение организма животных сохраняется и в отдаленные сроки после проведенных испытаний, радионуклиды ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) по-разному локализуются в жизненно важных органах: печени, кишечнике, костной ткани, лимфоузлах (табл.6). Исследования показали, что наблюдаются различия по накоплению различных нуклидов в организме животных. В силу тропности этих элементов, наибольшие концентрации  $^{90}\text{Sr}$  локализуются в костной ткани и кишечнике. Это можно объяснить тем, что радиоактивный стронций, как аналог кальция в общем метаболизме элементов, занимает его место. Значительные концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в органах желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) объясняются присутствием этого нуклида в кормах. Кроме того, ЖКТ является определенным барьером, препятствующим дальнейшей его миграции в другие внутренние органы и общее кровяное русло. Накопление исследуемых радионуклидов в других мягких тканях колеблется в пределах ошибки измерений и может характеризоваться как минимальное радиоактивное загрязнение. Исследования накопления  $^{137}\text{Cs}$  в организме животных показали, что значимые концентрации нуклида зарегистрированы только в органах пищеварения. Этот факт также свидетельствует в пользу того, что основными источниками радиоактивного загрязнения являются корма. По степени аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  органы расположены в следующем порядке: кишечник-мышцы-лимфоузлы-печень-селезенка-легкие; по  $^{90}\text{Sr}$ : кости-кишечник-печень-лимфоузлы-мышцы-селезенка-легкие. Показано, что на организм животных, длительно обитающих на территории полигона, воздействует значительная техногенная нагрузка. В экспериментах подтвердилось, что активность нуклидов в органах желудочно-кишечного тракта гораздо выше, чем в легких, т.е. основной путь поступления нуклидов пероральный, а не аэральный. На накопление радионуклидов в организме животных влияют характер кормления и состав рациона. Нами проведены исследования сезонной динамики накопления радионуклидов в зимний, летний, осенний периоды, результаты которых представлены в табл. 7. Для зимнего периода характерна самая низкая удельная активность нуклидов. Видимо, в процессе стойлового кормления вместе с грубыми кормами в организм животных поступают очень низкие активности нуклидов. Большая часть радионуклидов, аккумулярованных за летний период, вероятно, были выведены из организма животных в процессе метаболизма. Поэтому, размеры накопления инкорпорированных радионуклидов в организме варьируют в низких пределах.

Таблица 6- Концентрация радионуклидов в различных органах животных, (M±m) Бк/кг, (n=17)

Наименование пробы	<sup>90</sup> Sr, Бк/кг		<sup>137</sup> Cs, Бк/кг	
	лошади	КРС	лошади	КРС
Кости трубчатые	231.9±9	83.1±0,09	-	-
Мышцы	0.1±0,005	0.10±0,008	7.4±3,4	0.40±0,03
Печень	0.21±0,04	0,16±0,004	0.06±0,007	0,21±0,011
Селезенка	0.26±0,05	0.07±0,004	0.13±0,009	0.10±0,005
Легкие	0.09±0,001	0.06±0,004	0.06±0,002	0.08±0,005
Лимфоузлы	-	0.12±0,08	-	0.36±0,09
Кишечник	-	39.48±0,11	-	13.12±0,23
Молоко	-	0.23±0,010	-	0.11±0,002
ПДК (кости)	200		160	
ПДК (мягкие ткани)	-		200	
ПДК (молоко)	25		100	

Примечание - P<0,05, ПДК по А.Д.Фокину и др, 2005

Повышенное содержание радионуклидов отмечено в весенне-летний период. Известно, что в начале вегетации в растительности отмечается высокий уровень обменных процессов. В надземные органы растений переходят значительные количества минеральных веществ и радионуклидов, поднимаясь вверх вместе с током воды из почвы, дернины, прикорневой зоны растений.

Таблица 7 - Характер накопления радионуклидов в мышечной ткани крупного рогатого скота по сезонам года, (M±m) Бк/кг, (n=23)

Радионуклиды	Диапазон измеренных значений		
	зима	лето	Осень
Стронций-90	0,10±3	0,43±8	0,27±8
Цезий-137	0,51±9	1,23±11	0,68±9

Примечание - P≤0,05

Следует отметить, что при выпасе животных на низкопродуктивных пастбищах определенное количество нуклидов может поступать вместе с частичками земли и дернины. Результаты исследований показали, что загрязненность организма животных в отдаленные сроки после проведенных ядерных испытаний на территориях агроценозов полигона постепенно выравнивается. Видимо, с течением времени, загрязнение почвенно-растительного покрова также выравнивается на значительной территории, включая контрольные участки, в силу ветро-пыле-переноса, заглубления нуклидов в нижележащие слои почвы, что приводит к снижению перехода нуклидов из почвы в растения, организм животных. В целом, значения радионуклидной загрязненности



организма животных не превышают уровней, регламентируемых действующими нормативами, и уменьшаются с течением времени.

*Мониторинг содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.* Формирование дозы облучения населения напрямую связано с потреблением пищевых продуктов, производимых в зоне выбросов радиоактивных веществ. В этом плане, особое внимание должно уделяться содержанию радионуклидов в критических пищевых продуктах. Радиоэкологический мониторинг показал, что в районах, подвергавшихся радионуклидному загрязнению, от 70 до 90 % поступающих в организм человека радионуклидов, попадает через продукцию животноводства, особенно с молоком. Поэтому в обеспечении радиационной безопасности в сельском хозяйстве контрмеры в животноводстве относятся к категории приоритетных. Другими доказательствами того, что молоко является критическим звеном пищевой цепочки, являются результаты анализов радионуклидной загрязненности органов лошадей, выпасающихся в этом регионе. Нами были проанализированы для сравнения пробы различных органов крупного рогатого скота и лошадей в период осеннего забоя в конце пастбищного содержания (табл. 6-7). Радиоэкологическая картина среды обитания животных, как лошадей, так и крупного рогатого скота, характеризуется одинаковым уровнем загрязнения пастбищных угодий. Проведение сравнительно-сопоставительного анализа показало, что все животные, в силу своих размеров, поедают растительные корма с больших площадей и, накапливают примерно одинаковые концентрации нуклидов. Но в органах коров уровни активности меньше, особенно в костях, что объясняется тем, что часть радионуклидов у коров вымывается из организма вместе с молоком. Как видно из результатов лабораторных анализов, превышение составляет, примерно, три раза. Анализ динамики содержания радионуклидов в организме животных показал, что они носят неравномерный характер и связаны как с проведенными ядерными испытаниями, так и с изменениями сезона года, погодных условий (ветро-пылеперенос частиц), другими антропогенными воздействиями (в основном, пожары). Такая динамика содержания радионуклидов в молоке объясняется различиями в составе кормов и характером содержания животных (стойловое или пастбищное). Но в целом, отмечается тенденция к постепенному снижению уровня радионуклидного загрязнения организма животных и всей сельхозпродукции, заготавливаемой в регионе.

*Особенности миграции радионуклидов в экологической цепи «почва - кормовые растения - организм животных - сельскохозяйственная продукция».* Известно, что для количественного сравнения концентрирующей способности различных живых организмов относительно отдельных радионуклидов, используется величина коэффициента накопления (КН). Как видно из данных таблицы 4, в наибольшей степени радионуклидами загрязняются пастбищные

растения. В системе «почва-растения-животные» пастбищная растительность является основным критическим звеном, где загрязнение превышает ПДК до нескольких сотен, иногда тысячи раз. Растительность сенокосных угодий, ввиду ежегодного сенокосения на одних и тех же участках, и в связи с многолетним выносом радионуклидов имеет меньшие концентрации их накопления. Также, более низкому уровню загрязненности сена способствует заготовка сена в периоды, когда происходит спад физиологической активности в растениях и оттока нуклидов в дернину и корневую систему. Ранее нами было показано, что наивысшая степень миграции радионуклидов в надземные органы растений происходит в фазу цветения, когда активность обменных процессов в растениях достигает своего пика. Как показали наши исследования, при выпасе животных в период пастбищного содержания необходимо упреждать процессы аккумуляции нуклидов в организме животных, для чего практичнее разбавлять корма и применять различные минеральные добавки, которые бы способствовали торможению всасывания и дальнейшей миграции радионуклидов по пищевой цепочке. В процессе метаболизма компоненты этих добавок будут способствовать более интенсивному выведению радионуклидов из организма животных.

Таблица 8- Коэффициенты накопления радионуклидов в отдельных звеньях экологической цепи

Звено экологической цепочки	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$
Пастбищные растения-почва	0,07 – 1,14	0,46 – 4,4
Сено-почва	0,3 – 1,32	0,80 – 0,32
Животные-пастбищные растения	0,05-0,008	0,03-0,003
Животные-сено	0,01-0,04	0,09-0,007
Животные-зернофураж	0,1-0,2	0,2-0,25

Таким образом, представленные данные показывают, что динамика миграции долгоживущих радионуклидов в исследованных агроэкосистемах зависит от многих факторов. Характер почвенной структуры территории СИП обуславливает длительное поступление радионуклидов в растения и организм животных. По степени прочной фиксации нуклидов более длительно будет мигрировать  $^{137}\text{Cs}$ , по сравнению со  $^{90}\text{Sr}$ . Наличие радионуклидов в верхних слоях почвы также будет способствовать их лучшему переходу в растения. Растения с мочковатой корневой системой, произрастающие на увлажненных почвах (представители семейств бобовых, сложноцветных), сорбируют радионуклиды более активно. В организм животных большая часть

радионуклидов переходит в весенне-летний период. Наибольшую опасность для населения представляет молоко, т.к. молочная продукция КРС является наиболее распространенным продуктом питания в ежедневном рационе.

## **ГЛАВА 5. Зависимость состояния здоровья животных от проведенных ядерных испытаний**

Эпидемиологические и эпизоотические исследования являются единственным источником данных о прямых последствиях ионизирующего излучения на организм и поэтому очень важны для оценки и прогноза стохастических эффектов, в частности развития опухолевых заболеваний у животных и человека, подвергшихся неконтролируемому радиационному воздействию. Оценка эпизоотической ситуации нами проведена по фондовым материалам в хозяйствах северной части полигона. Суммарные показатели заболеваемости отражены на рисунке 3. Мы рассмотрели динамику накопления радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  с 1965 по 1990 г.г. При этом было установлено, что “пики” приходятся на 1965, 1974, 1986-87 годы в основных объектах: почве, воде, пастбищной растительности. Высокие концентрации нуклидов в пробах до 1986 г. объясняются нештатными радиационными ситуациями на СИП, а с 1986 г.- аварией на ЧАЭС. В объектах ветеринарного надзора (мясе, молоке, костях) повышение концентрации радионуклидов наблюдалось в 1965-66, 1968, 1972-74, 1986-87 годах. Показателем экономического и экологического состояния хозяйств является падеж скота. Падеж КРС регистрировали до конца 1970-ых годов, особенно его крупные масштабы отмечены в 1966 (7 %), 1975 (5,5 %), 1977 (5 %), 1978 (4,2 %), 1979 (4 %) годы. По данным специалистов ветеринарного контроля наиболее часто отмечались заболевания органов пищеварения, репродукции, дыхания. Наиболее критическими были 1966, 1968, 1970, 1973, 1976, 1978, 1985 г.г. В эти годы специалистами зарегистрированы многочисленные случаи мастита, спонтанных аборт, мертворождения, выкидышей. Высокие показатели заболеваний органов пищеварения отмечены в 1971, 1974, 1978 г.г. В отдельные периоды наблюдался подъем заболеваемости по бруцеллезу, туберкулезу (1966-68 г.г., 1973-75 г.г.). Отмечены единичные случаи заболеваний бешенством, эмкар. Необходимо отметить, что до 1983 г. не фиксировались случаи бластоматозных процессов (лейкозов). Для 1988 года отмечено всего 94 случая, 1989 – 2, 1990 – 8, 1991 – 4 случая на все поголовье животных. Результаты исследований показывают, что формирование отдаленных биологических эффектов при хроническом облучении растянуто во времени. Наиболее высокие проценты показали болезни молодняка (9,8 %) и инфекционные болезни (11,2 %), которые являются значимыми биологическими эффектами, влияющими на социально-экономические показатели в животноводстве в зоне радиоактивного загрязнения.

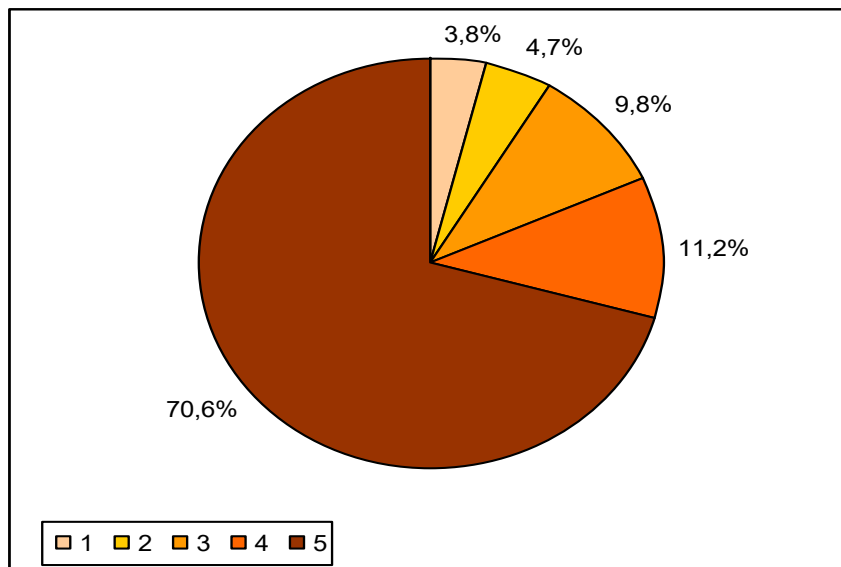


Рис. 3. Заболеваемость крупного рогатого скота в период проведения подземных ядерных испытаний: 1-падеж поголовья; 2-незаразные болезни; 3-заболеваемость молодняка; 4- инфекционные болезни; 5-здоровые животные.

Важными причинами роста заболеваемости являются существенное сокращение штата работников ветеринарной службы и его упрощение в связи с изменениями традиционных форм организации ветеринарного дела; низкий охват диагностическими исследованиями поголовья скота, находящегося в индивидуальном секторе; слабый учет движения животных; совместное содержание разных видов животных; неполная изоляция больных животных из стада (эта процедура обеспечивала бы разрыв эпизоотической цепи); снижение иммунитета, в организме слабореактивных животных; отсутствие постоянного мониторинга заболеваемости животных.

#### **ГЛАВА 6. Отдаленные биологические последствия радиационного воздействия на территории СИП**

Изучение биологических эффектов радиационного воздействия в отдаленные сроки после проведенных ядерных испытаний является одним из важных научных аспектов.

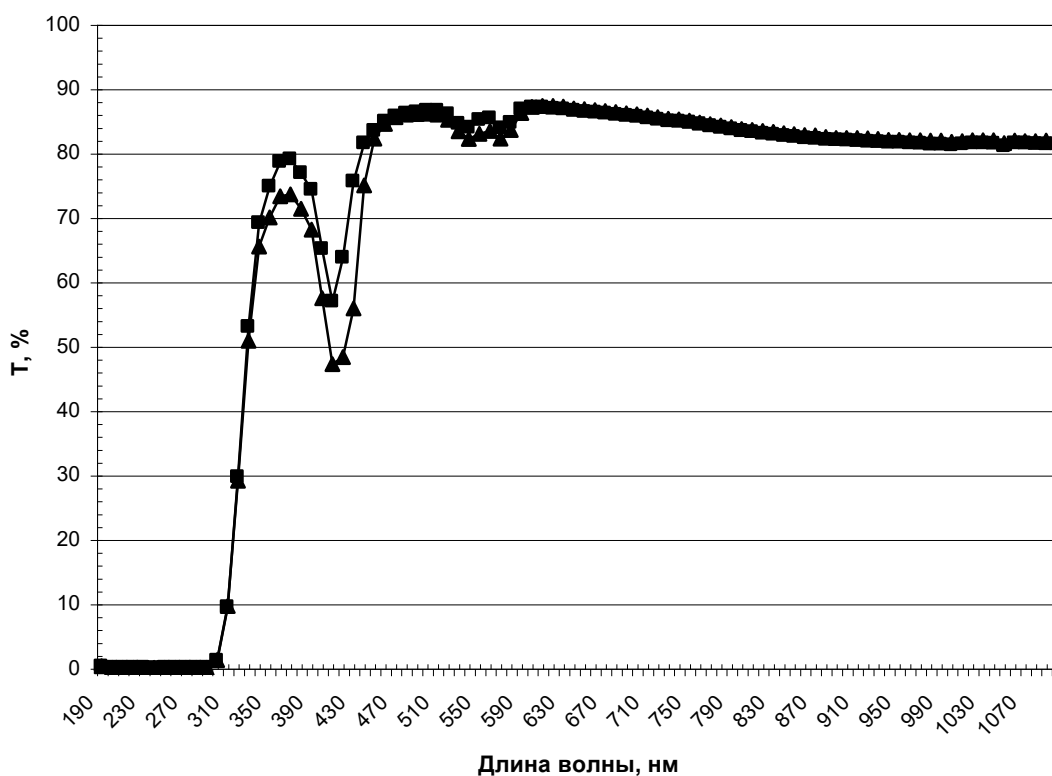
*Характер нарушения окислительно-восстановительного баланса в результате хронического облучения организма.* В настоящее время накоплен большой материал, который подтверждает на количественном уровне корреляцию между интенсивностью свободнорадикальных процессов и развитием различных патологий под воздействием ионизирующих излучений. В этих работах обоснована теория влияния свободных радикалов и, прежде всего, гидроксильного радикала  $\text{OH}^*$  на нормальный метаболизм.

Интенсивность свободно-радикальных процессов в плазме крови животных изучена методом определения коэффициента светопропускания при оптической

спектроскопии в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах длин волн. Результаты спектральных исследований изменения на кривой коэффициентов светопропускания показали различия в области длин волн от 315 до 470 нм и от 525 до 630 нм (рис.4). Наиболее значимые отличия характерны для первого диапазона длины волны. Наблюдаются заметные различия коэффициента пропускания в зависимости от возраста исследуемых животных. Коэффициент оптического спектра пропускания в крови годовалых животных выше и отличается от этого же показателя у взрослых особей на 8% в восходящем и на 10% в нисходящем пике в области длин волн от 315 до 470 нм. Отношение коэффициентов ( $T^1/T^2$ ) составляет 0,4. Во второй области длин волн у взрослых особей наблюдается провал. При более высокой длине волны ( $> 550$  нм) заметных изменений нет. Результаты проведенного эксперимента показали, что имеются различия в физиологическом состоянии организма у животных разного возраста. Несмотря на то, что обе группы животных находились в одинаковых радиоэкологических условиях, взрослые животные дольше подвергались влиянию техногенного воздействия, что привело к интенсивному образованию активных форм кислорода в плазме крови, о чем свидетельствует низкая степень светопропускания плазмы крови. Активные формы кислорода (АФК), образующиеся в организме животных при радиолизе воды под воздействием нуклидов, меняют коэффициент светопропускания плазмы крови животных, приводя к нарушению гомеостаза. Таким образом, развитие пострадиационных свободнорадикальных цепных реакций в организме животных следует рассматривать как пусковой механизм радиобиологического эффекта в физиолого-биохимических процессах организма.

*Особенности обменных процессов в организме животных при длительном радиационном воздействии.* Свободные радикалы способны повреждать клеточные мембраны и ядерные структуры клеток. В свою очередь, эти нарушения приводят к изменениям метаболизма во всем организме. Следствием этого могут быть повреждения внутренних органов, в том числе печени, поджелудочной железы, сердца, сосудов, увеличивается риск появления злокачественных новообразований. Также избыточное содержание радионуклидов приводит к сбою в процессах общего метаболизма в организме, особенно, минерального обмена. Оценка элементного состава организма животных показала, что животные не получают достаточное количество питательных веществ из кормов, а поступившие минеральные вещества не могут усвоиться в организме полноценно ввиду нарушения обменных процессов либо ввиду хронического облучения органов и дестабилизации их функций. Образцы спектров рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) и результаты по количественному определению элементного состава плазмы крови показаны на рисунках 5-6, в таблице 9. Концентрация *Zn* и *Cu* (по отношению интенсивности линий) в пределах точности метода не изменяется, а

количество *Br* уменьшается в 1,3 раза в плазме крови взрослых животных по сравнению с плазмой крови молодых телок.



По оси абсцисс- длина волны, нм;  
по оси ординат – коэффициенты пропускания, %.

Рис. 4. Оптические спектры пропускания образцов крови коров с территории СИП: ■ – 1 год; ▲ – 3 года.

Для *Fe* наблюдаются две четко разделенные линии  $K_{\alpha}$  и  $K_{\beta}$ , интенсивность которых возрастает для крови взрослых коров по сравнению с молодыми. Причем количество железа увеличивается в 1,25 и 1,29 раз соответственно для  $Fe_{K\beta}$  и  $Fe_{K\alpha}$ . На основании результатов, полученных методом РФА можно заключить, что с увеличением возраста в крови коров происходит накопление в основном железа, причем в большей степени для  $Fe_{K\beta}$ , чем для  $Fe_{K\alpha}$ . Это, с одной стороны, подтверждает данные ИК-спектрометрического метода, а с другой стороны, позволяет связать изменения в крови, обнаруженные обоими методами, с изменением содержания железа. Железо, как показано на спектре, в организме животных проявляет переменную валентность и оказывает существенное влияние на обменные процессы, особенно в гематологической системе. Для полноценного выполнения своей функции в метаболических процессах *Fe* должно находиться в организме в форме ионов трехвалентного железа, но спектр РФА показывает наличие *Fe* в двухвалентной форме.

Нахождение *Fe* в форме различных валентностей позволяет участие только определенной части элемента в процессах межклеточного обмена. В результате этого, организм животных испытывает недостаток ионов *Fe* нужной валентности, следствием чего может быть формирование железодефицитной анемии. Исследование минерального состава крови коров позволило оценить качество промежуточного обмена веществ в организме животных.

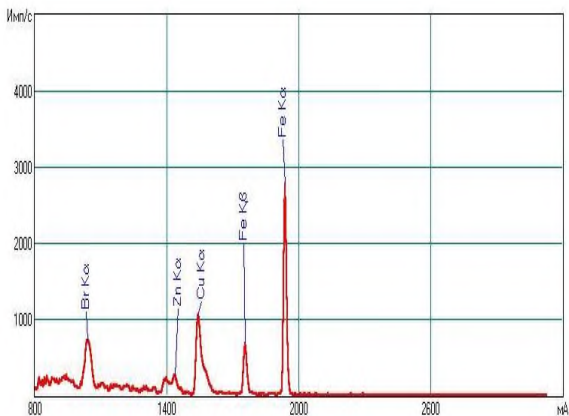


Рис. 5. Спектр РФА крови молодых животных.

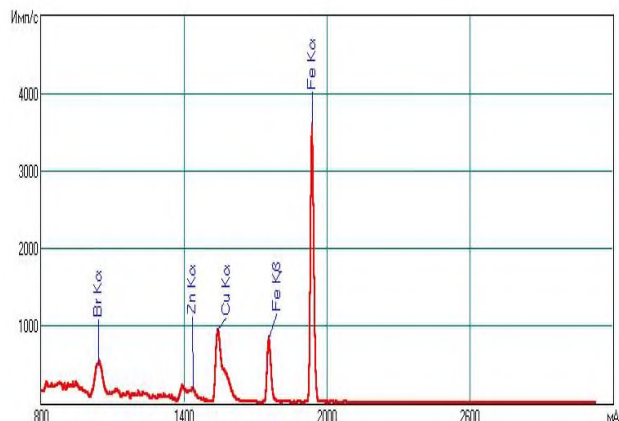


Рис. 6. Спектр РФА крови взрослых особей

Из данных таблицы 9 следует, что корма, как источники минерального питания животных, обеднены всеми изученными элементами. Показано, что дефицит наблюдается по всем микро- и макроэлементам, а в пробах плазмы крови и кормов присутствуют ионы тяжелых металлов кадмия и свинца.

Таблица 9 - Минеральный состав плазмы крови коров и кормов, ( $M \pm m$ ),  $n=25$

Показатели	Плазма крови	Показатели нормы для крови	Пастбищные растения	Показатели нормы для растений
Калий, мг/л, кг	11,26±1,65	14,8-15,4	1400±35,07	1740-1790
Натрий, мг/л, кг	103,6±4,97	68-105	450±7,50	350-450
Железо, мг/л, кг	123±74,9	150-200	305±15,8	625-850
Медь, мкг/л, кг	0,92±0,047	1-1,5	115,0±0,8	120-130
Цинк, мг/л, кг	8,63±0,586	50	552,2±4,1	700-800
Кадмий, мг/л, кг	0,07±0,007	-	0,1 ±0,002	-
Свинец, мг/л, кг	0,22±0,012	-	0,5 ±0,01	-

Примечание -  $P \leq 0,05$ . Нормативные показатели для растений приведены по А.М.Венедиктову (1983), для проб крови по Н.М. Алтухову (1990).

Таким образом, кровь, обладая способностью сохранять относительное постоянство, отражает особенности метаболических процессов, происходящих

в организме животных. Неиспользованная часть элементов накапливается в кровяном русле, кумулируется в органах, следствием чего возможны различные патологические процессы.

Характер интенсивности обмена веществ изучен на примере состояния общего белка, углеводов, аминокислот сыворотки крови крупного рогатого скота. Белки плазмы представляют основной резерв, за счет которого осуществляется белковое питание организма. Показатели белкового обмена в организме также могут рассматриваться в качестве важнейшего доказательства воздействия ионизирующих излучений. В таблице 10 представлены результаты лабораторных анализов концентрации белков и глюкозы в организме исследуемых животных. Необходимость определения этих параметров объясняется тем, что ряд белков, содержащихся в плазме крови, взаимодействуя с металлами переменной валентности, тормозят катализируемые ими перекисные процессы в организме. Изменение метаболизма характеризуется тем, что у животных наблюдается сдвиг белкового обмена. Результаты биохимического анализа плазмы крови показали, что содержание общего белка в крови составляет  $102,4 \pm 7,03$  г/л. По данным литературы, содержание общего белка в крови крупного рогатого скота в норме должно варьировать в пределах 60 – 85 г/л. Подобное повышение уровня белков в плазме крови может быть обусловлено компенсаторной реакцией организма животных, направленной на поддержание энергетического баланса в условиях хронической интоксикации организма. Определение показателей крови крупного рогатого скота выявило, что хроническая интоксикация организма животных в условиях постоянной инкорпорации радионуклидов приводит к сбою белкового обмена у всего поголовья животных, включая контрольные группы.

Среднее значение содержания глюкозы в крови составило  $2,73 \pm 0,33$  мМоль/л (в норме 2,2 – 3,3 мМоль/л). Нормальное содержание глюкозы в плазме крови обследованного поголовья животных, видимо, обеспечивает процесс поддержания гомеостаза.

Определение свободных аминокислот плазмы крови выполнено для установления уровня белкового обмена в организме животных. Уровень свободных аминокислот в крови является показателем интенсивности биосинтеза белка в организме. В плазме крови экспериментальных животных понижено содержание метионина, аспартата, глицина, тирозина, гистидина. Значимо высоких показателей достигают концентрации таких аминокислот как аланин, треонин, фенилаланин, лизин. По результатам лабораторных анализов биохимического состава плазмы крови крупного рогатого скота можно констатировать, что у животных в организме установлены изменения показателей белка. Различия в концентрации аминокислот свидетельствует о том, что аминокислотный обмен в организме животных также подвержен сбою.



Таблица 10 - Биохимические показатели углеводного и белкового обмена в организме крупного рогатого скота в период активной лактации, (M±m), (n=10)

Группы животных	Концентрация глюкозы, ммоль/л	Концентрация общего белка, г/л
Контроль, 1 группа	2,6±0,1	90,78±11,8
Контроль, 2 группа	2,95±0,22	97,8±4,6
Опытная (северная часть СИП)	3,1±0,4	101,11±0,7
Опытная (северная часть СИП)	3,25±0,5	102,0±0,4
Опытная (восточная часть СИП)	2,72±0,01	105,15±2,25
Опытная (восточная часть СИП)	2,01±0,71	90,66±12,46
Опытная (южная часть СИП)	2,9±0,23	119,18±16,22
Опытная (южная часть СИП)	2,3±0,4	109,64±7,24
Норма	2,2 – 3,3	60 – 85

Примечание -  $P \leq 0,05$  ; показатели нормы приведены по Георгиевскому (1985).

Таким образом, в организме исследуемых животных поголовья крупного рогатого скота в отдаленные сроки после проведенных ядерных испытаний сформировались биохимические изменения, приводящие к сбою белкового и аминокислотного обмена. Также хроническое облучение поголовья животных привело к изменениям макро-микроэлементного состава плазмы крови. При общем осмотре у животных не отмечены клинические изменения, но аномальный характер белкового обмена можно рассматривать как формирование радиобиологического ответа, направленного на сохранение гомеостаза физиолого-биохимических процессов. По-видимому, это можно рассматривать как одно из проявлений защитно-приспособительных реакций в ответ на длительную интоксикацию радионуклидами.

*Состав периферической крови животных, подверженных длительному облучению.* Гематологическая система крови в целом и периферическая кровь, в частности, являются одним из наиболее радиопоражаемых систем организма и характеризуются выраженной способностью к регенерации. Из изменений, возникающих в периферической крови, наиболее ранними и достаточно удобными для выявления действия ионизирующих излучений являются изменения ее состава. Гематологические показатели обследованных животных приведены в таблице 12. Характер гематологических сдвигов существенно зависит от путей и ритма поступления радионуклидов, распределения их в организме, количества поглощенной дозы.

Таблица 11 - Свободные аминокислоты плазмы крови крупного рогатого скота, постоянно обитающих на территории СИП, мг % (M±m), (n=10)

Аминокислоты	Группы обследованных животных					Норма
	1	2	3	4	5	
1. Аланин	5,26±0,04	6,15±0,04	5,82±0,01	5,18±0,04	5,90±0,02	2,63±0,05
2. Глицин	1,62±0,03	2,10±0,09	1,80±0,07	1,55±0,02	1,96±0,01	2,35±0,02
3. Валин	1,74±0,06	2,21±0,04	1,34±0,01	1,68±0,01	2,01±0,02	1,93±0,02
4. Лейцин	1,30±0,02	1,82±0,03	1,55±0,05	1,22±0,02	1,60±0,01	1,85±0,07
5. Треонин	2,40±0,02	3,13±0,04	2,78±0,01	2,24±0,04	2,86±0,01	1,68±0,02
6. Серин	0,95±0,01	1,26±0,02	1,10±0,04	0,90±0,01	1,07±0,01	0,95±0,02
7. Метионин	0,40±0,09	0,62±13	0,52±0,03	0,35±0,01	0,55±0,06	0,71±0,02
8. Аспарат	0,55±0,08	0,75±12	0,65±0,02	0,52±0,01	0,70±0,07	2,08±0,05
9. Цистеин	0,20±0,06	0,32±0,06	0,28±0,02	0,18±0,08	0,30±0,04	0,24±0,01
10. Фенилаланин	3,0±0,01	9,2±0,02	8,2±0,01	6,5±0,06	8,6±0,05	1,96±0,04
11. Глютамат	1,72±0,01	2,02±0,01	1,94±0,05	1,70±0,01	2,05±0,01	1,01±0,01
12. Тирозин	0,49±0,01	0,75±0,01	0,66±0,07	0,42±0,01	0,65±0,06	0,97±0,01
13. Гистидин	0,45±0,07	0,64±0,02	0,55±0,03	0,44±0,08	0,52±0,03	0,75±0,03
14. Аргинин	0,80±0,07	0,96±0,09	0,90±0,03	0,72±0,01	0,96±0,9	1,06±0,04
15. Лизин	2,62±0,03	3,42±0,04	3,03±0,08	2,55±0,04	3,12±0,01	1,21±0,02
16. Триптофан	0,89±0,01	1,28±0,02	1,08±0,04	0,84±0,02	1,13±0,09	1,04±0,04

Примечание -  $P \leq 0,05$ ; показатели нормы приведены по Валуysкому (1986 г.)

Анализ крови показал, что число лейкоцитов у трети обследованных животных ниже границы физиологической нормы, зарегистрированы случаи глубоких лейкопений и лимфоцитопений, увеличения абсолютного числа базофилов, особенно у коров, выпасающихся в северной части полигона. По-видимому, компенсаторные процессы не обеспечивают нормального содержания лейкоцитов, что приводит к снижению их числа до нижнего уровня физиологической нормы. Количественные параметры эритроцитарного ряда изменены в сторону их увеличения у 40 % КРС, особенно у молодых животных (в возрасте 1-2 лет). У животных, обитающих в южной части СИП (Абайский район Восточно-Казахстанской области), этот показатель отклоняется в сторону их уменьшения у 44% голов. Часты случаи увеличения абсолютного содержания базофилов. Для 60% животных характерно полное отсутствие эозинофилов. Представленные данные свидетельствуют о том, что рацион поголовья животных отличается дефицитом минеральных веществ. Положительный эритроцитарный фон отмечен в группе контрольных животных, которые выпасаются на пастбищах с большим видовым разнообразием растительности. Длительное облучение животных вызывает специфические нарушения морфологических и биохимических показателей периферической крови организма крупного рогатого скота. Поступление радионуклидов в организм крупного рогатого скота приводит к изменениям в процессах общего метаболизма и минеральных веществ в частности.

Таблица 12 - Показатели состава крови крупного рогатого скота в условиях длительного облучения, (M±m), (n=23)

Группы животных	Эритроциты, $10^{12}$ л	Лейкоциты, $10^9$ л	Гемоглобин, г%	Общая кислотная емкость, мг%
Контроль	6,6±0,1	7,9±0,2	10,2±0,2	420,1±6,7
Опытная 1, (сев. часть СИП)	6,1±0,3	7,9±0,1	9,0±0,1	404,0±5,5
Опытная 2, (юж. часть СИП)	5,9±0,2	7,8±0,3	9,1±0,2	403,4±5,7

Облучение всего поголовья в результате радиационного воздействия, приводит к формированию значимых биологических повреждений в отдаленные сроки после проведенных ядерных испытаний. Нарушения в организме крупного рогатого скота затрагивают такие индикаторные показатели как окислительно-восстановительный баланс, аминокислотный и белковый метаболизм. В целом, картина крови характеризуется показателями нижнего предела физиологической нормы.

## ВЫВОДЫ:

1. Отдаленные последствия радиационного воздействия на агроэко-системы, расположенные вблизи территории Семипалатинского испытательного полигона, отмечаются в повышении уровня радиационного загрязнения природной среды, организма животных, сельскохозяйственной продукции, нарушении экологического равновесия биологических систем и ухудшении состояния здоровья животных, человека.

2. Воздушный бассейн над территорией Семипалатинского полигона в настоящее время имеет фоновые уровни загрязненности и составляет не более  $0,003 \text{ Ки/км}^2$ . Диапазон активности аэрозолей варьировал в пределах  $0,0007-0,003 \text{ Ки/км}^2$ .

3. Наибольшая активность нуклидов в почвенном покрове основной территории сельскохозяйственных угодий полигона, в частности, на естественных пастбищах и сенокосах, отмечена в гумусовом горизонте почв на глубине до 20 см. Значения максимальных величин радиоактивности почв на локальных участках достигают по  $^{137}\text{Cs}$ - до 25 000 Бк/кг, по  $^{90}\text{Sr}$ - до 17 000 Бк/кг.

4. Растения естественных пастбищ, заливаемых луговых сенокосов речных долин и межсочных котловин, аккумулируют радионуклиды в наибольшей степени. Диапазон активности  $^{137}\text{Cs}$  находится в пределах 3-726 Бк/кг; активность  $^{90}\text{Sr}$  варьирует в пределах 7-670 Бк/кг. Основным источником радионуклидной загрязненности организма животных и человека на территории СИП являются растения естественных пастбищ. В период до фазы цветения все растения аккумулируют нуклиды в 7-15 раз больше, чем в остальные фазы вегетации. Гипераккумуляторы радионуклидов (мышиный горошек, щавель конский, тысячелистник обыкновенный) рекомендуются в качестве референтных видов при радиационном мониторинге.

5. Зерновые культуры, выращиваемые на обрабатываемых землях на всей территории СИП, имеют активности в незначительных пределах. Среди сельскохозяйственных растений подсолнух и пшеница обладают достаточно высокой сорбционной способностью радионуклидов. Эти растения рекомендуются как эффективные фиторемедиаторы почв, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$ .

6. По степени загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  органы животных можно расположить в порядке убывания: кишечник-мышцы-лимфоузлы-печень-селезенка-легкие. По степени загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  органы расположены в следующем порядке убывания: кости-кишечник-печень-лимфоузлы-мышцы-селезенка-легкие. Максимальные уровни удельной активности радионуклидов во всех видах мясо-молочной продукции приходятся на летний сезон, а минимальные на зимнее время. Молоко является критическим звеном пищевой цепочки в

процессе внутреннего облучения населения, т.к. оно обеспечивает регулярное поступление радионуклидов в организм молодняка животных и человека.

7. Инкорпорированные в организм животных радионуклиды  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  обеспечивают постоянное облучение всего организма, которое способствует образованию активных форм кислорода и высоким уровням свободных радикалов. Коэффициент оптического спектра пропускания в крови годовалых животных выше и отличается от этого же показателя у взрослых особей на 8% в восходящем и на 10% в нисходящем пике в области длин от 315 до 470 нм. Развитие свободнорадикальных цепных реакций в организме животных следует рассматривать как важнейший механизм усиления поражающего действия радиации. Основным следствием этого процесса является дисбаланс жизненно важных минеральных веществ *Zn, Fe, Cu*.

8. Изменения аминокислотного и белкового обмена в организме крупного рогатого скота можно рассматривать как формирование физиологических отклонений, направленных на адаптацию организма к условиям окружающей среды. В плазме крови экспериментальных животных понижено содержание *метионина, аспартата, глицина, тирозина, гистидина*. Значимо высоких показателей достигают концентрации таких аминокислот как *аланин, треонин, фенилаланин, лизин*.

9. Гематологические показатели поголовья крупного рогатого скота в условиях хронического облучения низкой интенсивности в агроэкосистемах территории СИП имеют значения нижних пределов физиологической нормы.

10. Полученные результаты исследований радиоэкологического состояния агроэкосистем, физиолого-биохимических особенностей организма крупного рогатого скота являются основой информационного поля для:

- обоснования приоритетных реабилитационных и защитных мер по снижению дозовых нагрузок на население, проживающее в разных радиоэкологических и социально-экономических условиях, на основе мониторинга радиоактивности компонентов экологической и пищевой цепи;

- разработки системы мероприятий получения нормативной экологически безопасной по содержанию радионуклидов продукции растениеводства, мясной и молочной продукции в хозяйствах на территории Семипалатинского полигона;

- разработки научных основ и практических рекомендаций по оптимизации землепользования и совершенствованию элементов систем земледелия, адаптированных к разным радиоэкологическим и почвенно-ландшафтным условиям землепользования, направленных на получение нормативно «чистой», самокупаемой и конкурентоспособной продукции;

- осуществления системы информирования населения по проблемам радиоэкологического состояния региона.

## **Практические рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в местах проведения испытаний ядерных бомб**

Анализ результатов собственных исследований и мировой научной литературы показал, что основные источники внутреннего облучения людей, проживающих на загрязненных территориях, продукты питания. Практические рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных землях могут быть обобщены в стратегию контрмер, способствующих снижению поступления радионуклидов в продукты питания. Стратегия агропромышленного производства должна быть направлена на снижение коллективной дозы, получаемой населением. В растениеводстве набор возделываемых культур и сортов следует изменить в пользу тех, которые накапливают меньше нуклидов. Выращивая на загрязненных почвах растения с высоким коэффициентом накопления радионуклидов, можно добиться частичной дезактивации почвы. Высокие концентрации радионуклидов в почвенно-растительном покрове естественных пастбищ на территориях, прилегающих к местам проведения ядерных испытаний, требуют введения коренных изменений в традиционную систему кормления сельскохозяйственных животных, кормопроизводства при заготовке грубых и сочных кормов. Для снижения поступления радионуклидов в организм животных по экологической цепи необходимо разбавлять рацион нерадиоактивными компонентами, т.е. в пастбищный период применять зернофураж, биологически активные добавки, природные минералы, замещающие радионуклиды. Зонирование территорий и перепрофилирование хозяйств также способствуют снижению содержания нуклидов в продукции.

Зная, что наибольший пик радиоактивной загрязненности мясо-молочной продукции приходится на весенне-летний период, необходимо организовать передвижные пункты радиоэкологического мониторинга в местах заготовки сельскохозяйственной продукции, внедрять стандарты продовольственной безопасности и охраны здоровья человека, животных и растений.

На основе знаний о закономерностях накопления радионуклидов в различных агроценозах, в сельских местностях рекомендуется развитие производства фуражного зерна.

Для эффективного контроля за состоянием здоровья сельскохозяйственных животных (КРС, овец, лошадей и др.) в регионе необходимо проводить регулярный анализ эпизоотической ситуации по приоритетным видам заболеваний. Совершенствование эпизоотий должно определяться комплексом мероприятий: полный учет поголовья скота, высокий уровень охвата специфической профилактикой, полный контроль за организацией и правилами проведения вакцинации сельскохозяйственных животных, усиления санитарно-ветеринарного надзора за убоем сельскохозяйственных животных, реализацией

мяса продуктов местного сельскохозяйственного производства, широким внедрением экспресс-методов лабораторной диагностики.

Для эффективной организации экологического мониторинга за состоянием всех компонентов агроэкосистем рекомендуется проведение комплексных исследований с применением наиболее информативных, экспресс-методов анализов: спектрометрических (радионуклидный анализ проб почв, растительности, пищевых продуктов, органов животных), биохимических (анализ плазмы крови на содержание углеводного, белково-липидного, аминокислотного состава, показателей лейкоза), физических (рентгено-флуоресцентный анализ тяжелых металлов, спектроскопия по определению коэффициентов светопропускания).

#### СПИСОК ТРУДОВ Г.С.АЙДАРХАНОВОЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Айдарханова Г.С. Экологические проблемы некоторых аспектов эпизоотологической ситуации в животноводческих регионах Павлодарской области [Текст] / Г.С.Айдарханова: сб. науч. тр., посвященных 150-летию Абая.-Семипалатинск,- 1995.- Т.2.- С.3-6
2. Айдарханова Г.С. Содержание 90-стронция и 137-цезия в образцах почв в зоне повышенного радиационного риска Семипалатинского ядерного полигона [Текст] / Г.С.Айдарханова: инф. бюл. ЦНТИ.-Семипалатинск,1995.- 6 с.
3. Айдарханова Г.С. Загрязнение кормовых трав радионуклидами 90-стронций и 137-цезий на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона [Текст] / Г.С.Айдарханова, А.Б.Бигалиев // Вестн. КазГУ. Сер. Экологическая.-1997.-№ 2.- С.37-39.
4. Природные популяции растений в условиях длительного хронического облучения [Текст] / Г.С. Айдарханова, Б.М. Султанова, Л.Б. Ержаханова, К.С. Жумадилов // Вестн. сельскохозяйственных наук Казахстана.- 1997.- №10.- С.72-77.
5. Айдарханова Г.С. Состояние популяции крупного рогатого скота в радиационном агроценозе [Текст] / Г.С.Айдарханова, С.М. Малгаждаров // Вестн. сельскохозяйственных наук Казахстана.- 1997.-№ 11.- С.67-70.
6. Айдарханова Г.С. К вопросу экологической оценки радионуклидной загрязненности почв [Текст] / Г.С. Айдарханова, В.А. Ульянкин, С.Г. Смагулов, К. Жумадилов, С. Баранов // Гидрометеорология и экология.- Алматы, 1997.- №4.- С. 139-144.
7. Айдарханова, Г.С. Поведение радионуклидов в растительном сообществе лугового фитоценоза [Текст] / Г.С. Айдарханова // Материалы междунар. конф. по экологии Центрального Казахстана.- Караганда, 1997.- С.107-111.
8. Айдарханова, Г.С. 137-цезий и корневая система растений [Текст]

/Г.С. Айдарханова // Гидрометеорология и экология.- Алматы, 1998.-№ 3.- С.151-156.

9. Курманбаев С.К. Методологические основы зонирования территории Семипалатинского Прииртышья и Семипалатинского испытательного полигона [Текст]: анализ. обзор / С.К. Курманбаев, В.Е. Бурдинов, С.Г. Смагулов, Г.С. Айдарханова; ЦНТИ.- Семипалатинск, 1998.- 18 с.

10. Aidarkhanova G.S. Radionuclide screening in fodder grass of the Semipalatinsk test site [Текст] / G.S Aidarkhanova // Modern problems of nuclear physics: The 3 International conf., 23-27 aug. 1999.- Bukhara, 1999.- P.223-224.

11. Aidarkhanova G.S. Screening of plants, which might be useful for phytoremediation technology [Текст] / G.S. Aidarkhanova, A.A. Zhubanova // 1 Eurasia conf. on nuclear science and its application.- 23-27 okt.- Turkey. Izmir, 2000.- P.547-549.

12. Оценка экологической обстановки на основе использования биоиндикаторов [Текст] / Г.С. Айдарханова, О.А. Абдрахманов, Л.Б. Калымбетова, А.Т. Нуркенова // Наука и образование- ведущий фактор стратегии Казахстан 2030: тр. междунар. конф. 27-28 июня 2000.- Караганда, 2000.- С.502-504.

13. Айдарханова Г.С. Загрязнение хозяйственно-ценных растений биологически токсичными радионуклидами [Текст] / Айдарханова Г.С. //Радионуклидное загрязнение территории СИП: материалы науч.-практ. конф. по проекту МНТЦ К-053.- Алматы, 1999.- С.99-102.

14. Айдарханова, Г.С. Перспективы использования технологии фиторемедиации для восстановления почв, загрязненных радионуклидами, тяжелыми металлами, органическими соединениями [Текст] / Г.С. Айдарханова, А.А. Жубанова // Ядерно-физические методы и их возможности применения в биологии, агроэкологии: материалы 1 научного семинара.- Алматы, 2000.- С.30-33.

15. Теоретические основы разработки фито-ремедиационных технологий почв Семипалатинского испытательного полигона с использованием микроорганизмов [Текст] / Г.С. Айдарханова, С. Айдосова, А.А. Жубанова, Н.М. Мухитдинов // Ядерная и радиационная физика: 11 Междунар. конф.- Алматы, 1999.- С.310.

16. Aidarkhanova G.S. Radionuclide contaminations in medicinal herbs of the Semipalatinsk Test site [Текст] / G.S. Aidarkhanova, O.A. Abdrakhmanov // Medicinal raw material and phytopreparations for medicine and agriculture: Book of abstracts of inter. conf. - Karaganda, 1999.- P.64-65.

17. Айдарханова Г.С. Технология биоремедиации почв после экологических катастроф [Текст]: теоретические и практические аспекты / Г.С. Айдарханова, А.А. Жубанова // Сборник экспериментальных и учебных программ для ВУЗов.- Алматы, 1999.- 7 с.



18. Защита от излучений. Охрана окружающей среды. (Радиационная экология) [Текст] / К.К. Кадыржанов, К.А. Кутербек, Г.С. Айдарханова, Н.Р. Мажренова // Сборник экспериментальных и учебных программ и спецкурсов для ВУЗов.- Алматы, 1999.- 7с.

19. Scientific- research works carried out in terms of ISTC projects by Institute of nuclear physics specialists [Текст] / К.К. Kadyrzhanov, S. Khazhekber, Z.T. Serikbaeva, G.S. Aidarkhanova // Towards More efficient Utilisation of research Results from Russian / CIS Research Institutes: The 3<sup>rd</sup> SAC/ISTC Seminar.- Moscow, 2000.- P.293-297.

20. Методологические аспекты создания радиоэкологического паспорта ядерного полигона [Текст] / Ю.В. Дубасов, Ш.Т. Тухватулин, С.Г. Смагулов, Г.С. Айдарханова // Радиационное наследие XX века и восстановление окружающей среды: материалы междунар. конф. - М., 2000.- С.17-23.

21. Айдарханова Г.С. Радионуклидное загрязнение продуктов питания и Лекарственных растений, заготавливаемых на территории СИП [Текст] / Г.С. Айдарханова // Дети полигонов: сб. докладов круглого стола.- Алматы, 2001.- С. 38-41.

22. Айдарханова Г.С. Достоинства и ограничения технологии биоремедиации почв, загрязненных вследствие экологических катастроф [Текст] / Г.С. Айдарханова, А.А. Жубанова //1 Междунар. межвуз. школа-семинар по экологии.- М., 2000.- С.8-9.

23. Aidarkhanova G.S. The radioactivity of grasses and animals in the agroecosystems at STS [Текст] / G.S. Aidarkhanova // Radioprotection of environment: The Book of international Symposium. - Fleurus (Belgium), 2002.- P. 207.

24. Айдарханова Г.С. Распределение 137-цезия и 90-стронция в органах сельскохозяйственных животных [Текст] / Г.С. Айдарханова // Modern Problems of geochemical Ecology and Biodiversity Conservation: The international conf. - Bishkek, 2003.- P.10-12.

25. Айдарханова Г.С. Динамика изменения заболеваемости сельскохозяйственных животных в условиях хронического облучения [Текст] / Г.С. Айдарханова // Физиология, адаптация, стресс: материалы 5 физиологического съезда.- Караганда, 2003.- С.172-174.

26. Айдарханова Г.С. Особенности морфологического состава периферической крови животных при хроническом облучении [Текст] / Г.С. Айдарханова // Биологические науки Казахстана.- 2005.- № 3-4.- С.41-45.

27. Айдарханова Г.С. Токсическое поражение организма крупного рогатого скота [Текст] / Г.С. Айдарханова, К.Т. Ташенов, Е.К. Макашев // Актуальные проблемы экологии: междунар. науч.-практ. конф. - Караганда, 2003.- С. 328-329.

28. Айдарханова Г.С. Мониторинг качества молока при хроническом

воздействии промышленных предприятий г. Усть-Каменогорска [Текст] / Г.С.Айдарханова, Д.Н.Сапаков // Актуальные проблемы экологии и природопользования в Казахстане и сопредельных территориях: материалы междунар. науч.-практ. конф. - Павлодар, 2006.- С.9-11.

29. Айдарханова Г.С. Современное состояние радионуклидной загрязненности основных видов сельскохозяйственной продукции, заготавливаемых на территориях вблизи Семипалатинского полигона [Текст]/ Г.С.Айдарханова, С.Г. Смагулов // Тез. докладов 5 съезда по радиационным исследованиям.- М., 2006.- Т.3.- С.3.

30. Айдарханова Г.С.,Накопление радионуклидов в растительности агроэкосистем Семипалатинского полигона [Текст] / Г.С.Айдарханова //Исследования, результаты.- Алматы, 2007.- №1.- С.114-117.

31. Айдарханова Г.С. Основное критическое звено пищевой цепочки в регионах техногенно-нарушенных экосистем [Текст] / Г.С.Айдарханова, М.К. Мурзахметова, А.К. Саданов // Исследования, результаты.- Алматы.- 2007.- №1.- С.111-114.

32. Айдарханова Г.С. Дисбаланс минеральных веществ в организме при хроническом радиационном воздействии [Текст] / Г.С. Айдарханова, М.К. Мурзахметова, А.К.Саданов // Доклады НАН Респ. Казахстан.- 2007.- №2.- С.85-87.

33. Айдарханова Г.С. Динамика изменения радионуклидов в молоке [Текст] /Айдарханова Г.С., Саданов А.К. // Вестник Павлодарского Гос.Ун-та.- 2007.- №1.- С.7-13.

34. Айдарханова Г.С. Влияние радиоэкологическх факторов природной среды Семипалатинского испытательного полигона на фагоцитарное звено иммунной системы животных [Текст] / Айдарханова Г.С., Саданов А.К., Мухамадиева Н.Н. // Доклады НАН Респ. Казахстан.- 2007.- №2.- С.88-90.

35. Айдарханова Г.С. Радиоэкологическая оценка воздушной среды над территорией СИП [Текст] / Айдарханова Г.С. // Биологические науки Казахстана.- 2008.- №2.- С.79-85.

36. Возрастные особенности свободно-радикального состояния организма при хроническом облучении [Текст] / Айдарханова Г.С., Мурзахметова М.К., Саданов А.К., Мить К.А., Полтавцева В.П. // Здоровье и болезнь.- Алматы.- 2008.- № 2.- С.143-146.

37. Aidarkhanova G.S. Complex studyng of the east Kazakhstan technogenic-broken agroecosystems [Текст] / G.S. Aidarkhanova, A. Sadanov] // Ecology and safety.- Bulgaria, 2008.- Vol.2.- P. 149-157.

38. Ecological monitoring of agrocenosis in different areas of Kazakhstan [Текст] / Aidarkhanova G.S., Otarov A., Ibraeva M.A., Saparov A.]// Ecology and safety.- Bulgaria, 2008.- Vol.2.- P.20-29.

39. Айдарханова Г.С. Экспресс-методы долгосрочного мониторинга

состояния природной среды [Текст] / Г.С. Айдарханова // Биосферные территории Центральной Азии как природное наследие: сб. материалов междунар. конф.- Бишкек, 2009.- С.69-71.

40. Айдарханова Г.С. Биологический мониторинг с использованием лишайников на техногенно нарушенных территориях Казахстана [Текст] / Айдарханова Г.С., Абдрахманов О.А., Полтавцева В.П.: аналит. обзор.- Алматы, 2009.- 37 с.

41. Айдарханова Г.С., Биохимические эффекты хронического радиационного воздействия в организме животных [Текст] / Г.С. Айдарханова // Известия ВУЗов.- Бишкек, 2009.- № 5.- С.49-51.

42. Айдарханова Г.С. Методология оценки тератогенных эффектов инкорпорированных радионуклидов [Текст] / Г.С. Айдарханова // Здоровоохранение Кыргызстана.- 2011.- №1.- С. 102-105.

43. Айдарханова Г.С., Распределение радионуклидов в пастбищных растениях Семипалатинского полигона [Текст] / Г.С. Айдарханова // Наука и новые технологии.- Бишкек, 2009.- № 5.- С.108-110.

44. Айдарханова Г.С., ДЕГЕЛЕН: радиоэкологическая оценка влияния подземных ядерных испытаний на природную среду [Текст] / Г.С. Айдарханова: монография.- Алматы: Изд-во Нур-принт, 2010.- 102 с.

45. Айдарханова Г.С., Радиоэкология агроценозов Семипалатинского испытательного полигона [Текст] / Г.С. Айдарханова: монография.- Алматы: Изд-во Нур-принт, 2010.- 120 с.

**Айдарханова Гульнар Сабитовнанын «Семипалатинск сыноо полигонуна жакын жайгашкан аймактарындагы агроэкосистемасынын бодо малдарынын организмдерине радиациялык калдыктын экологиялык таасири» деген темада 03.03.01 – физиология, 03.02.08 – экология адистиги боюнча биологиялык илимдеринин доктору илимий даражасына талапкерликке жазылган диссертациясынын**

## **КОРУТУНДУСУ**

**Негизги сөздөр:** Ядролук сыноолор, радионуклиддер, агроэкосистемалар, радиациялык кабылдануу, гомеостаз, кычкылдануу-калыптануу балансы, углевод-белоктуу алмашуу, лейкопения, радиациялык бузулуучу органдар.

**Эмгектин максаты:** Семипалатинск сыноо полигонундагы агроэкосистемаларындагы айыл чарба малдарынын организмдерине узак мезгилден кийинки көп жылдык ядролук сыноолордун тийгизген таасирине баа берүү.

**Изилдөө усулдары жана материалдар:** топурактын, өсүмдүктөрдүн, тоюттардын үлүштөрү, бодо малдардын биологиялык үлүштөрү (кан, кандын плазмалары, сүт).

**Колдонулган усулдар:** дозиметриялык текшерүү, топографиялык байланыштарды жүргүзүү, геоботаникалык изилдөөлөр, радионуклиддерди радиохимиялык ажыратуу, гамма-спектрометрия, рентгендик флуоресценттик анализдин газдык хроматографиясынын көзгө көрүнгөн жана жакынкы инфракызыл толкундун узун аралыгына жараша оптикалык спектроскопия усулу, гематологиялык усулдар.

Ядролук сыноолор жүргүзүлгөн аймактарга жакын жайгашкан негизги агроэкосистемалардын радиоэкологиялык абалы алгачкылардан болуп биринчи жолу изилденди. Бардык айыл чарба экосистемаларындагы изилденген топурак-суу-өсүмдүктүү аймактарында техногендик өзгөрүүлөр белгиленип аныкталды, алар жайыттарда, чабыктарда жана айдоо аянттарында жүргүзүлдү. Ядролук жардыруудан ажырап, таралган  $\text{Sr}^{90}$  жана  $\text{Cs}^{137}$  радионуклидери бүт агроэкосистемаларды ар кандай өлчөмдө булгаган. Алардын көпчүлүгү айдалган дыйн жерлерде жыйналган (негизинен, жайыт аймактарында). Жалпы радиоактивдүүлүктүн булгануулары жергиликтүү мүнөздө. Топурак-өсүмдүктүүлүк экологиялык чынжырындагы жер бетиндеги жана абадагы жардыруулардын радионуклидери өсүмдүктөр, жаныбарлар жана адам организминин экинчи кайталануучу радиоактивдүү булгануусунун негизги булагы болуп саналаары аныкталды. Организмдердин булганууларынын жогорку деңгээли жазында жана жай мезгилинде байкалат. Изилденген аймактык зонада жайланышкан малдардын негизги органдарында радионуклиддердин жыйналып, топтолушу көрсөтүлүп аныкталды. Өтө эле радионуклиддерге булганган органдарга тамак сиңирүүчү органдар, скелеттин сөөктөрү, боор, лимфолиттер, өт кирет. Айыл чарба азыктарынан өзгөчө коркунучтуу катар болуп экологиялык чынжырда малдардын сүтү эсептелет. Бодо малдардын ден-соолугуна көп жылдык ядролук сыноолордун кесепети тийгени аныкталды. Инвазиондук жана жугуштуу оорулардын нозологиялык спектри кеңири тарагандыгы аныкталды. Бул багытта репродукция жана тамак сиңирүү органдарынын ооруулары өзгөчө орунду ээлейт. Жугуштуу оорулардын арасынан лейкоз ооруусу көп кезигет. Лейкоз менен ооруган малдардын саны, ядролук сыноолор токтотулгандан кийинки узак мезгилде байкалат. Малдын организминдеги кычкылдануу жана калыбына келүү балансынын туруктуу нурлантуунун негизинде бузулаары аныкталды. Узак мезгилден бери радиациялык таасирден аминокислоталык алмашуулар жаныбарлардын организминде жогорулай тургандыгы белгилүү болгон. Малдын көпчүлүгүндө узак мезгилде нурлануунун натыйжасында кан тамырлардын сырткы кабыктарында туруктуу лейкопия сакталат.

**Колдонуу денгээли:** Бул иштин материалдары Казакстандын айыл чарба министрлигинде, ошондой эле саламаттыкты сактоо Министрлигинин санитардык-эпидемиологиялык кызматтарында колдонулушу мумкун. Теориялык жана практикалык маалыматтарын жогорку окуу жайларына экология, радиобиология жана физиология окуу курстарында пайдаланууга болот.

**Пайдалануу тармагы:** экология, биология, медицина, ветеринария.

#### РЕЗЮМЕ

**диссертации Айдархановой Гульнар Сабитовны на тему «Экологические последствия радиационного воздействия на организм крупного рогатого скота в агроэкосистемах, прилегающих к территории Семипалатинского испытательного полигона», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальностям: 03.00.13 – Физиология, 03.00.16 – Экология**

**Ключевые слова:** ядерные испытания, радионуклиды, агроэкосистемы, радиационное воздействие, гомеостаз, окислительно-восстановительный баланс, углеводно-белковый обмен, лейкопения, радиопоражаемые органы.

**Объекты исследования:** пробы почв, растений, кормов, биовыделения животных (кровь, плазма крови, молоко).

**Целью** работы явилась оценка современной радиоэкологической ситуации агроэкосистем территории Семипалатинского испытательного полигона и отдаленные эффекты многолетних ядерных испытаний на организм сельскохозяйственных животных.

**Методы исследований:** дозиметрического контроля, топографической привязки, геоботанические исследования, радиохимическое выделение нуклидов, гамма-спектрометрия, метод оптической спектроскопии, газовой хроматографии, рентгено-флуоресцентного анализа, гематологические, статистические методы.

**Полученные результаты и новизна:** были оценены радиоэкологические характеристики почвенно-растительного покрова и воздушной среды пастбищ, сенокосных угодий, пахотных полей. Техногенные изменения в почвенно-водно-растительном покрове отмечены во всех экосистемах сельскохозяйственного производства. Определены концентрации нуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в пробах, выполнены элементный анализ биопроб, биохимические, гематологические исследования крови, плазмы крови. Установлено, что наибольшие концентрации радионуклидов содержатся в почвах и растительности на необрабатываемых территориях (в основном, на пастбищных угодьях). Общая радиоактивная загрязненность носит локальный характер. Пик загрязнения организмов крупного рогатого скота наблюдается в весенне-летний период. Показано, что накопление радионуклидов происходит во всех

жизненно важных органах животных-органах пищеварения, костях скелета, печени, регионарных лимфоузлах, селезенке. Биологические эффекты радиационного воздействия интегрально оценены по изучению нозологического спектра инфекционных и инвазионных заболеваний. Ведущее место в этом спектре принадлежит заболеваниям органов пищеварения и репродукции. В динамике течения инфекционных заболеваний наибольший процент приходится на лейкоз. Установлено, что в результате хронического облучения в организме животных происходит нарушение окислительно-восстановительного баланса. Обменные процессы в организме животных при длительном радиационном воздействии характеризуются значительным сдвигом аминокислотного метаболизма. Зарегистрированы нарушения углеводно-белкового обмена. У значительной части животных, подверженных длительному облучению, в периферической крови отмечается стойкая лейкопения. По результатам комплексных исследований подготовлены практические рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территориях, подвергнутых радиоактивному загрязнению, способствующего снижению поступления нуклидов по пищевой и экологической цепочке.

**Практическое значение:** результаты этих исследований дополняют известные в науке представления об особенностях аккумуляции нуклидов по пищевой цепи «кормовая растительность-организм животных-сельскохозяйственная продукция» применительно к территории Семипалатинского полигона. Результаты проведенных исследований включены в учебные программы и спецкурсы для ВУЗов по специальности «Экология».

**Область применения:** экология, биология, медицина, ветеринария.

## SUMMARY

**of Aidarkhanova Gulnar Sabitovna dissertation on the theme “Ecological implications of radiation impact on cattle organism in agro ecosystems on the territories adjacent to Semipalatinsk test site”, presented for scientific degree competition of doctor of biological sciences on specialties: 03.03.01 – physiology, 03.02.08 – ecology.**

**Key words:** nuclear tests, radio nuclides, agro ecosystems, radiation impact, homeostasis, oxidation-reduction balance, carbohydrate-protein exchange, leucopenia, organs injured by radiation.

**Object of research:** samples of soils, plants, fodder, bio wastes of cattle (blood, plasma of blood, milk).

**Purpose of the work:** estimation of modern radio ecological situation in agro

ecosystems on the territories of Semipalatinsk test site and remote effect of the long term nuclear tests on organism of agricultural animals.

**Methods of researches:** dosimeter control, topographic correction, geobotanical researches, radiochemical isolation of nuclides, gamma-spectrometric analysis, method of optical spectroscopy, gas chromatography, roentgen fluorescence analysis, hematological and statistical methods.

**Obtained results and novelty:** in the course of expedition-field researches, radio ecological parameters of soil-vegetation cover and air environment of pastures, haylands, arable lands have been estimated and samples for laboratory analyses have been taken. Technogenic changes in soil-water-vegetation cover have been found in all eco systems of agricultural production. The concentration of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  has been determined in the samples of aerosols, soils, vegetation, fodder, bio wastes of animals. Elemental analysis of bio samples, biochemical, hematological examination of blood, and plasma of blood have been implemented. Maximum concentrations of radio nuclides were proved to be found in soils and vegetation on uncultivated territories (basically on pastures). Total radioactive contamination is of local nature. Peak of cattle organisms' contamination is observed in spring-summer period. It is demonstrated that the radio nuclides are accumulated in all vital parts of animals, inhabiting this zone. Digestive organs, skeleton bones, liver, regional lymph nodes, spleen are the most radio injured parts. Animal milk is the most critical ecological chain link among agricultural products. Biological effect of radiation impact has been integrally estimated for examination of nosologic spectrum of infectious and invasive diseases. Diseases of digestive and reproductive organs occupy the leading place in this spectrum. Leukosis has the major percentage in dynamics of infectious diseases course. The quantity of animals, injured by leucosis, increases after the termination of nuclear tests in a remote period. Oxidation-reduction balance was determined to be disturbed in animal organism as a result of chronicle radiation. Metabolic processes in animal organisms under a long term radiation impact are characterized by a substantial shift of amino-acid metabolism. Disturbances of carbohydrate-protein metabolism have been registered. Persistent leucopenia in peripheral blood was determined in major parts of animals, subjected to long term radiation.

**Practical recommendations** on agricultural management for the territories subjected to radioactive contamination have been developed. They will promote the decrease of nuclides movement into nutrition and ecological chain.

**Field of use:** ecology, biology, medicine, veterinary.