

*На правах рукописи*



**БАЙГАЗИНОВ Жанат Абылканович**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДА  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  
 $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  И  $^3\text{H}$  В ОРГАНИЗМ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ В  
УСЛОВИЯХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО  
ПОЛИГОНА**

**Специальность: 03.01.01 – радиобиология**

**АВТОРЕФЕРАТ**

Диссертация на соискание учёной степени  
кандидата биологических наук

Обнинск – 2016

Диссертация выполнена в Филиале «Институт радиационной безопасности и экологии»  
Республиканского Государственного предприятия «Национальный ядерный центр»  
Республики Казахстан

**Научный руководитель:**

кандидат биологических наук **Исамов Низаметдин Низаметдинович**

**Официальные оппоненты:**

**Зенкин Александр Сергеевич**, доктор биологических наук, профессор  
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет  
имени Н. П. Огарева, заведующий кафедрой ветеринарной патологии

**Ильязов Роберт Гиниятуллович**, доктор биологических наук, профессор  
Академия наук Республики Татарстан, Отделение сельскохозяйственных наук,  
ученый секретарь

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский  
научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и  
экологии»

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г. в \_\_\_ час. \_\_\_ мин. на заседании  
диссертационного совета Д 006.068.01 при Федеральном государственном бюджетном  
научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и  
агроэкологии» по адресу: 249032, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км,  
ФГБНУ ВНИИРАЭ, здание 1, к. 510. Факс: (484) 396-80-66, e-mail: rirae70@gmail.com

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ ВНИИРАЭ,  
<http://www.rirae-raas.ru/>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета



Шубина Ольга Андреевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В результате деятельности Семипалатинского испытательного полигона (СИП) в период с 1949 по 1989 годы на его территории образовались локальные участки с высокими концентрациями радионуклидов в окружающей среде (В.А. Логачев, 1997). После официального закрытия полигона жители, проживающие в близлежащих населенных пунктах, начали активную несанкционированную хозяйственную деятельность. В итоге, на сегодняшний день, сформировано порядка 100 фермерских хозяйств, занимающихся непрерывным и неконтролируемым животноводством. Характерными типами содержания животных являются пастбищное овцеводство, скотоводство и коневодство на обширных степных территориях.

Общеизвестно, что переход радионуклидов в продукцию животноводства может определяться многими факторами, в том числе уровнем и характером загрязнения пастбищ, типом рациона и его составом, видом, возрастом и продуктивностью животных, технологией их содержания и др. (Н.А. Корнеев, А.Н. Сироткин, 1987; Р.М. Алексахин, Н.А. Корнеев, 1991). Имеющиеся в мире знания по переходу радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продукцию животноводства и птицеводства достаточно широки (А.Н. Сироткин, 1978; Н.И. Буров, 1974; Б.Н. Анненков, 1980). Однако, большинство из них были получены в лабораторных условиях или на территориях, загрязненных в результате радиационных аварий (N. Green, 2003; С. Фесенко, 2009), которые отличаются от территории СИП как по характеру радиоактивного загрязнения, так и по природно-климатическим условиям. Переходу трансурановых радионуклидов (Pu, Am) и  $^3\text{H}$  в животноводческую и птицеводческую продукцию посвящены единичные работы (Л.А. Булдаков, 1968; В.С. Аверин, 2014), в некоторых случаях данные отсутствуют (МАГАТЭ №472, 2010; МАГАТЭ №1738, 2014).

Основной вклад в загрязнение окружающей среды на СИП вносят радионуклиды  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и  $^3\text{H}$ . При этом, если высокие активности радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  имеются непосредственно на территории испытательных площадок («Опытное поле», «Дегелен», «4а» и др.), то повышенные концентрации радионуклида  $^3\text{H}$  встречаются в источниках водопользования за их пределами и за пределами полигона (О.Н. Ляхова, 2013).

Дополнительная актуальность исследования обусловлена передачей земель полигона, которые принято считать «фоновыми» (С.Н. Лукашенко, 2014), в хозяйственный оборот. В этих условиях необходим прогноз уровней радиоактивного загрязнения животноводческой продукции, полученной на СИП для оценки дозовых нагрузок на население, потребляющего данные продукты.

**Цель исследования** – изучение распределения и параметров перехода радионуклидов в организм некоторых видов сельскохозяйственных животных и птицы в условиях СИП.

### **Задачи исследования:**

1. изучить динамику перехода и распределения радионуклидов  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в органах и тканях сельскохозяйственных животных;
2. определить параметры перехода радионуклидов  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из корма и почвы с эпицентров наземных ядерных испытаний и зон радиоактивных водотоков, а также из воды в органы и ткани сельскохозяйственных животных разного вида (овец и лошадей) и возраста (кобыл и кобылок);

3. изучить параметры перехода  $^3\text{H}$  в продукцию птицеводства (мясо и яйцо кур), овцеводства (мясо) и коневодства (молоко) при различных сроках его поступления с компонентами окружающей среды (воздухом, водой, кормом);

4. оценить возможность ведения животноводческой деятельности на территории СИП.

**Научная новизна работы.** Впервые для территории СИП получены параметры перехода радионуклидов  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в органы и ткани сельскохозяйственных животных (овец и лошадей) из корма и почвы как с эпицентров наземных ядерных испытаний, так и с зон радиоактивных водотоков, а также воды. Впервые получены данные по переходу различных форм  $^3\text{H}$  (НТО, ОСТ) в продукцию птицеводства и коневодства. Впервые проведена комплексная оценка возможности ведения животноводческой деятельности на территории СИП, используя данные экспериментальных работ.

**Теоретическое и практическое значение работы.** Теоретическая значимость работы обусловлена получением новых данных по параметрам перехода радионуклидов в органы и ткани изучаемых сельскохозяйственных животных и птицы в условиях аридного климата. Исследован широкий спектр параметров перехода искусственных радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных разного вида и возраста. Полученные параметры перехода искусственных радионуклидов в органы и ткани сельскохозяйственных животных и птицы, а также получаемую от них продукцию могут быть применены для построения прогностических моделей, используемых для описания поведения радиоактивных веществ и оценки риска загрязнения сельскохозяйственной продукции.

Установленные параметры перехода искусственных радионуклидов используются для оценки дозовых нагрузок на население, потребляющее полученную на территории СИП продукцию, и для научного обоснования возможности передачи территории СИП в хозяйственное использование, что подтверждено актом внедрения результатов научно-исследовательской работы.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Распределение  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в органах и тканях животных, при близком к равновесному состоянию периоду (16 недель проведения эксперимента), находится в определенном количественном соотношении. Концентрация  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в максимально накапливающем органе (печени), превышают концентрации в минимально накапливающем органе (бедренная мышца) до 200 и 250 раз, соответственно.

2. Коэффициент перехода ( $K_{\text{п}}$ )  $^{239+240}\text{Pu}$  для баранины (бедренная мышца) при поступлении с луговой и степной растительностью до 6 раз больше  $K_{\text{п}}$  при поступлении с почвой из зон радиоактивных водотоков и до 150 раз больше аналогичного показателя при поступлении радионуклида с почвой из эпицентров наземных испытаний.  $K_{\text{п}}$   $^{137}\text{Cs}$  в баранину при поступлении его с луговой растительностью выше  $K_{\text{п}}$  при поступлении со степной растительностью и почвой в 3,5 и 3 раза, соответственно.  $K_{\text{п}}$   $^{90}\text{Sr}$  при поступлении с водой до 2 раз больше  $K_{\text{п}}$  при поступлении с луговой растительностью и до 4 раз выше  $K_{\text{п}}$  при поступлении с почвой.

3. Параметры перехода радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в органы и ткани годовалых кобылок выше, чем у взрослых до 1,6 и 3,6 раз соответственно. Предполагается, что возраст лошадей не окажет влияние на накопление их органами и тканями  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ .

4. При поступлении с водой отношение концентрации НТО ( $^3\text{H}$  в свободной воде) в мышечной ткани и НТО в куриных яйцах не превышает – 1, при поступлении с воздухом – 4, при поступлении с травяной мукой – 6. Отношение концентраций ОСТ (органический связанный  $^3\text{H}$ ) и НТО в мышечной ткани кур (ОСТ/НТО) при поступлении с водой, атмосферным воздухом и травяной мукой составили 0,08, 0,09 и 0,7 соответственно. В баранину и кобылье молоко  $^3\text{H}$  переходит больше с кормом, чем с водой. Снижение концентрации  $^3\text{H}$  на 50% в кобыльем молоке после длительного поступления радионуклида с сеном происходит медленнее в 2 раза, чем с питьевой водой.

**Предмет и объект исследования.** Объектом исследования являются сельскохозяйственные животные и птицы (овцы, лошади и куры–несушки). Предметом исследования являются параметры перехода радионуклидов из компонентов окружающей среды (корм, вода, почва) в продукцию животноводства и птицеводства в условиях СИП.

**Методология и методы исследования.** Методология проведения исследований с сельскохозяйственными животными и птицей основана на классических подходах (Н.А. Корнеев, А.Н. Сироткин, 1987; Б.Н. Анненков, И.К. Дибобес, 1973), применяемых при изучении перехода радионуклидов в организм животных и получаемую от них продукцию. В работе применялись радиоэкологические, физиологические, радиометрические и статистические методы.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** В соответствии с формулой специальности 03.01.01 «Радиобиология», охватывающей проблемы последствий ядерных катастроф и радиоэкологии (п. 9), проблемы радиационной безопасности (п. 10) и использования радионуклидов в животноводстве (п. 12), в диссертационном исследовании представлены параметры перехода радионуклидов в органы и ткани некоторых видов сельскохозяйственных животных, птицы, а также получаемую от них продукцию в условиях СИП.

**Достоверность результатов.** Для обработки экспериментальных данных использован стандартный набор статистических методов, принятых в биологических исследованиях. Достоверность полученных результатов основывается на достаточном объеме материала и применении современной аппаратно-методической базы аккредитованных лабораторий. За время исследования всего отобрано и проанализировано 706 проб – органов, тканей, молока и куриных яиц, 156 проб воздуха, воды, растений и почвы.

**Личный вклад диссертанта в работу.** Автором разработана программа проведения исследований, выполнена постановка всех экспериментов с сельскохозяйственными животными и птицей, включая заготовку кормов и почвы, пробоподготовку органов и тканей животных и птиц к спектрометрическим анализам, выполнение анализа экспериментальных и теоретических данных.

**Апробация работы.** Основные результаты работы доложены и обсуждены на международных научно-практических конференциях и круглых столах, в том числе: международная конференция "Environmental radioactivity" (Салоники, Греция, 2015); международная конференция "Radioecology and Environmental radioactivity" (Барселона, Испания, 2014); III, IV, V и VI международные научно-практические конференции «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и проблемы нераспространения» (Курчатов, Казахстан, 2008, 2010, 2012, 2014); международная конференция «Актуальные вопросы мирного использования атомной энергии» (Алматы, Казахстан, 2012); международный семинар «Modelling radiation

effects from initial physical events» (Павия, Италия, 2013), 6<sup>th</sup> Meeting of EMRAS II Working Group 7 "Tritium" Accidents (Бухарест, Румыния, 2011); международная конференция "Environmental radioactivity" (Рим, Италия, 2010); VII, IX и X международные конференции "Ядерная и радиационная физика" (Курчатов, 2015; Алматы, 2013; Курчатов, 2009); Конференция–конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов НЯЦ РК (Курчатов, Казахстан, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015).

Основные результаты диссертации опубликованы в 15 печатных работах, в виде научных статей и тезисов докладов, в том числе 2 статьи – в рецензируемом журнале из перечня изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

**Связь темы диссертации с плановой тематикой научно-исследовательских работ Филиала ИРБЭ РГП НЯЦ РК.** Исследования проводились в рамках плановой темы Филиала ИРБЭ РГП НЯЦ РК по Республиканской научно-технической программе 0346 "Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан", этап 01.01.01. "Исследование экосистем, подверженных влиянию радиоактивно-загрязненных водотоков" и Республиканской бюджетной программе 038 (011) "Обеспечение радиационной безопасности на территории РК" мероприятие 1 "Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона".

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка литературы из 228 наименований, изложена на 153 страницах, включает 20 рисунков и 37 таблиц, а также 3 приложений.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность и признательность директору Филиала ИРБЭ РГП НЯЦ РК С.Н. Лукашенко, научному руководителю Н.Н. Исамову, коллегам Института радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК и Р.Ю. Магашевой, коллегам из РГП ИЯФ РК – П.В. Харкину и В.Н. Глущенко.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **введении** обосновывается актуальность темы исследования, ставятся цель и задачи, обсуждается научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

### **ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

На основе отечественной и зарубежной литературы проведен анализ имеющихся материалов по теме исследования, в том числе описаны результаты ранее полученных данных по параметрам перехода радионуклидов в продукцию животноводства и птицеводства.

### **ГЛАВА 2. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ И ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЕГО ТЕРРИТОРИИ**

В главе приведена информация о СИП, характеристика загрязнения почвенного и растительного покрова, характеристика загрязнения водных объектов, а также описана животноводческая деятельность на полигоне.

### **ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объектами исследований выбраны наиболее распространенные и типичные для данного региона сельскохозяйственные животные (МРС, КРС, лошади) и сельскохозяйственная птица (куры-несушки). Овцы были представлены двухгодовалыми кастрированными баранами казахской курдючной грубошерстной породы ("Едильбаевская"), живым весом  $51 \pm 3$  кг (всего 6 групп, по 5 гол.). Лошади – типичные для данного региона беспородные (помеси казахских лошадей) жеребые конематки в возрасте 10–12 лет и годовалые кобылки, живым весом 350–400 кг и

150–200 кг соответственно (2 группы по 2 гол.). Вид сельскохозяйственной птицы представлен курами несушками, возрастом 1,5 года (3 группы по 18 гол.). Животные и птицы в сформированных группах были схожи по показателям состояния здоровья, экстерьерно–конституциональным данным и продуктивностью.

Все исследования проводились в летний период в условиях стойлового и клеточного содержания животных и кур–несушек. Отдельным группам животных и птиц скармливали загрязненный корм и почву, заготовленную с территорий эпицентра наземных испытания и зон радиоактивных водотоков, выпаивали загрязненную воду, в некоторых случаях в корм животных добавляли раствор с радионуклидами.

Сроки содержания овец на загрязненном рационе – 7, 14, 28, 56, 112 суток, лошадей – 56 суток, кур несушек – 1, 3, 7, 14, 21, 28, 36, 50, 55 суток. В конце каждого срока, после 12 часовой голодной выдержки, производился убой животных и птиц методом обескровливания. На анализы отбирали пробы: печени, почек, легких, сердца, селезенки, бедренной мышцы, костной ткани, курдючного жира, шерсти, кожи, языка и головного мозга. Для контроля поступления радионуклидов в организм животных и птиц в течение всего периода проведения эксперимента проводили ежедневный учет количества съеденного корма, почвы и выпитой воды, а также отбор проб растительности, почвы и воды согласно схеме проведения эксперимента. В дальнейшем подготовленные пробы подвергались спектрометрическим измерениям.

Изучаемыми радионуклидами являются  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^3\text{H}$ . Гамма-спектрометрическое измерение ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ) проб органов и тканей МРС и лошадей проводилось в сыром виде. Органы и ткани плодов и костная ткань взрослых животных предварительно озолялись ( $380^\circ\text{C}$ ), после чего зола подвергалась измерению на спектрометре с полупроводниковым Ge-детектором фирмы CANBERRA.

Определение удельной активности  $^{239+240}\text{Pu}$  в пробах проводили радиохимическим выделением по соответствующей методике с последующим измерением на альфа–спектрометре “Alpha Analyst” фирмы "Canberra". Предел обнаружения по  $^{239+240}\text{Pu}$  составлял 0,1 Бк/кг. Погрешность измерений в основном не превышала 30%. Метод определения  $^{90}\text{Sr}$  основан на переведении изотопов стронция в раствор, выделении в радиохимически чистом виде изотопов стронция, двухнедельном накоплении  $\text{Y90}$  и измерении его активности на ЖС-спектрометре «TriCarb-3100». Контроль качества аналитических результатов обеспечивался путем измерения РК ГСО 72/МАГАТЭ-134 (тело моллюска). Расхождения между результатами измерения проб и стандартного образца удовлетворяют требованиям используемой методики выполнения измерений и не превышали 20% для всех интервалов значений.

Подготовка проб (растений, молока, яиц, бедренной мышцы) для определения трития в свободной воде (НТО) биообъектов проводили методом возгонки. Первый полученный конденсат в количестве 10 мл удаляли, а на анализы отбирали следующие 5 мл. В аналитически образец добавляли сцинтиллятор, измерение проводили на ЖС–спектрометре TriCarb 2900 TR. Подготовка проб для определения концентрации органически связанного трития (ОСТ) проводилось на автоматизированной установке PerkinElmer 307. Измерение проводилось на спектрометре Quantulus 1220. Время измерения каждого образца составляло 120 минут. Погрешность измерений не превышала 10%.

## ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДА $^{239+240}\text{Pu}$ , $^{241}\text{Am}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ и $^3\text{H}$ В ОРГАНИЗМ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ В УСЛОВИЯХ СИП

### 4.1. Параметры перехода радионуклидов в органы и ткани овец

Динамика перехода радионуклидов  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в органы и ткани овец представлена на графиках (рис.1, 2, 3, 4). Относительные концентрации выражены в долях от максимальной удельной активности радионуклидов в органах и тканях животных в пределах каждой группы (всего 6 групп). При этом, для радионуклидов  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на каждый срок (7, 14, 28, 56, 112 суток) рассчитано среднее по 3–6 значениям. Численные значения  $^{241}\text{Am}$  в органах и тканях получены для одной группы животных, которым в рацион добавляли почву с эпицентра наземного испытания. Концентрации  $^{241}\text{Am}$  в других компонентах окружающей среды СИП низкие и недостаточны для оценки параметров перехода радионуклида из суточного рациона в органы и ткани овец (при используемых методах и аппаратурном обеспечении).

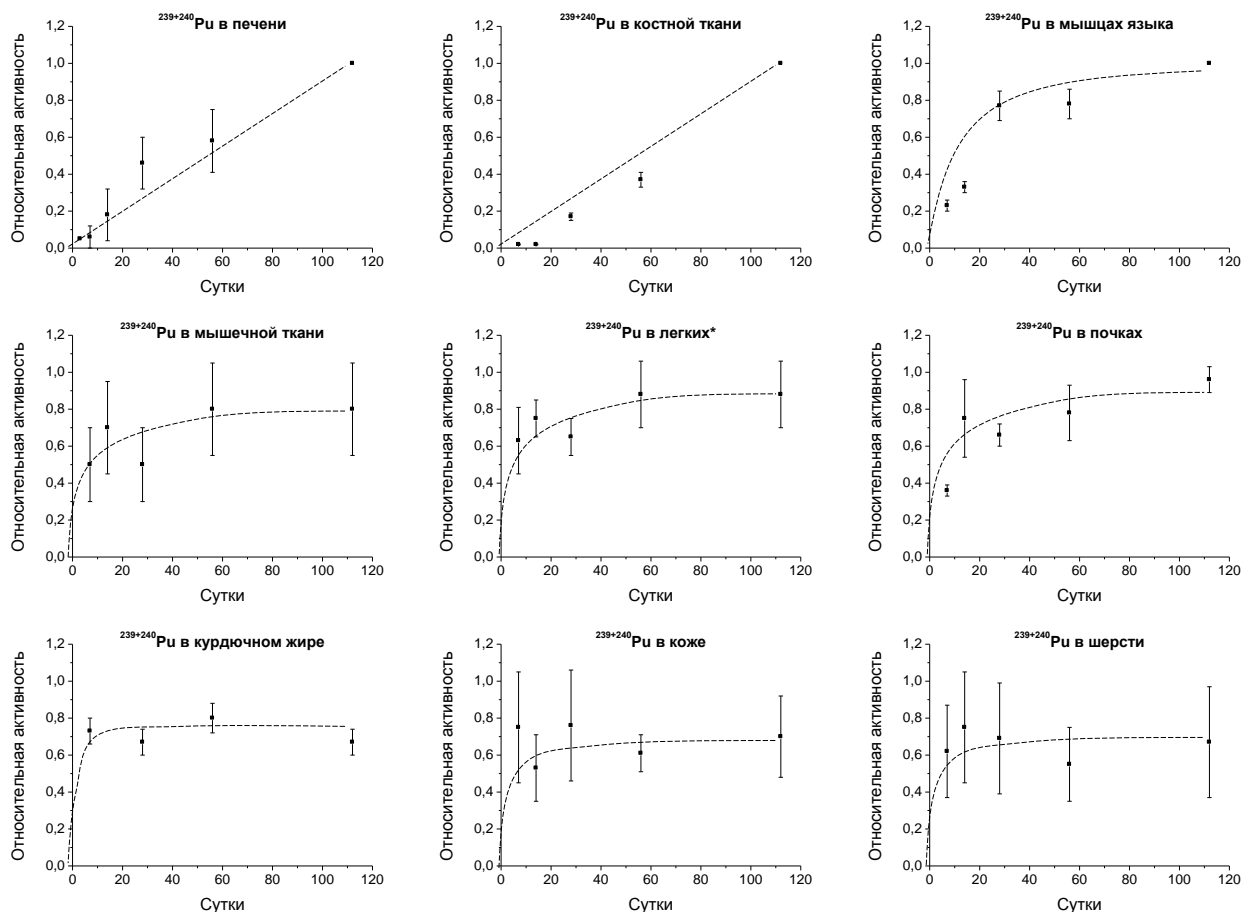
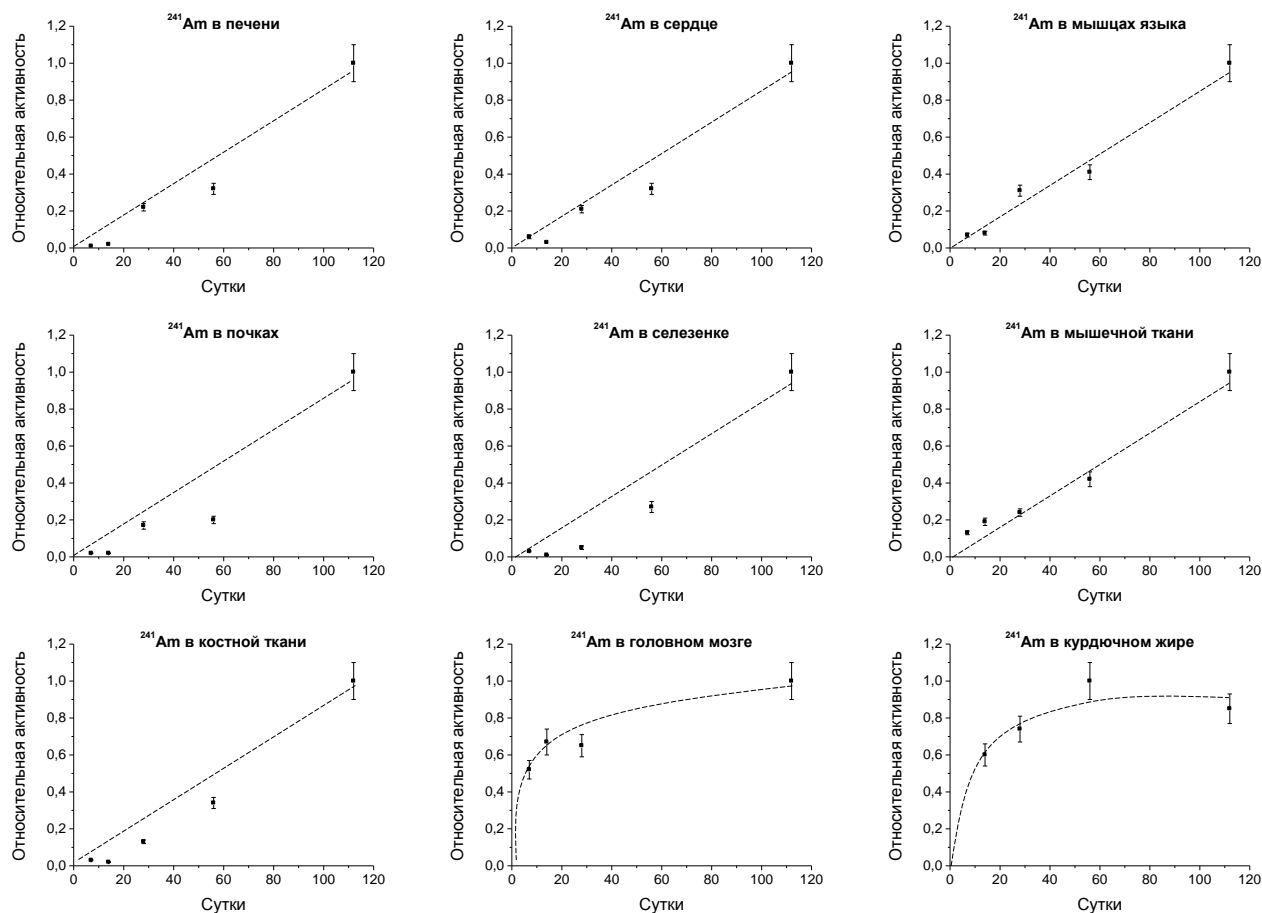


Рисунок 1 – Динамика перехода радионуклидов  $^{239+240}\text{Pu}$  в органы и ткани овец (\*– при поступлении с кормом)

На графиках (рис.1) показано, что при длительном поступлении  $^{239+240}\text{Pu}$  в организм его концентрации в печени и костной ткани увеличиваются на всем протяжении эксперимента (до 112 суток). В других органах (мышцах языка, бедренной мышце, легких, почках, курдючном жире) происходит существенное замедление роста активности радионуклида после 28 суток поступления  $^{239+240}\text{Pu}$  в организм. При этом в мышцах языка и почках можно отметить незначительное увеличение активности  $^{239+240}\text{Pu}$  на 112 сутки.



Количественные данные по удельной активности  $^{241}\text{Am}$  в органах и тканях малочисленны (рис. 2). Несмотря на это данные позволяют проследить динамику перехода  $^{241}\text{Am}$  в отдельные органы и ткани МРС. Видно, что наряду с основными органами депонирования  $^{241}\text{Am}$ , которыми, как правило, считаются печень и костная ткань, повышение концентрации радионуклида происходит в почках, селезенке, бедренной мышце, сердце и мышцах языка. В головном мозге и курдючном жире рост активности замедляется после 28 суток. При этом разница между минимальной (на 7 сутки) и максимальной (на 112 сутки) активностью радионуклида в печени составила 100 раз; в почках, костной ткани и селезенке – 40-45 раз; сердце и мышцах языка – 15 раз; в бедренной мышце и легких – 5-8 раз; в головном мозге и курдючном жире 1,5-1,9 раз.

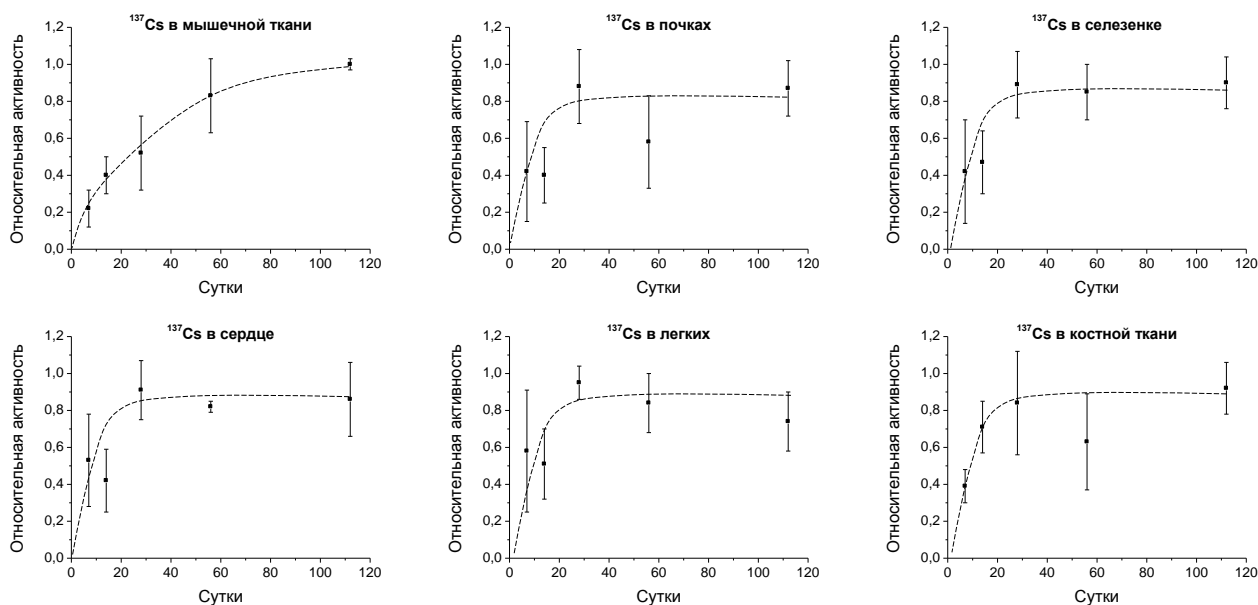


**Рисунок 2 – Динамика перехода радионуклидов  $^{241}\text{Am}$  в органы и ткани овец (при поступлении с почвой)**

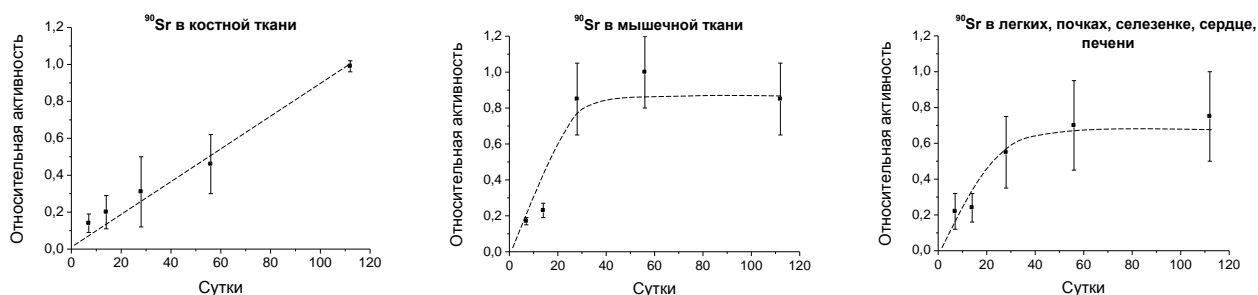
Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в бедренной мышце увеличивается до 112 суток (рис. 3), при этом заметно, что замедление роста активности радионуклида наступает после 56 суток. В других органах рост активности наблюдается до 28 суток, после чего наступает состояние относительного равновесия.

Из рисунка (рис. 4) видно, что активность  $^{90}\text{Sr}$  в "мягких" органах и тканях увеличивается в течение первого месяца, после чего не растет на протяжении всего периода эксперимента, тогда как его концентрации в костной ткани увеличиваются до 112 суток.

Полученные результаты по динамике перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в органы и ткани баранов хорошо согласуются с данными, полученными другими авторами (Л.А. Булдаков, 1968, Н.И. Буров, 1978).



**Рисунок 3 – Динамика перехода радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  в органы и ткани овец**



**Рисунок 4 – Динамика перехода радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  в органы и ткани овец**

Распределение радионуклидов  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в органах и тканях овец, при близком к равновесному состоянию периоду, представлено в таблице 1. Данные представлены в виде доли от максимальной удельной активности в органе или ткани.

Из таблицы 1 видно, что распределение  $^{239+240}\text{Pu}$  в организме животных имеет следующий убывающей ряд: печень > костная ткань > кожа > почки  $\geq$  легкое > селезенка  $\geq$  жир курдючный > сердце > мышцы языка > бедренные мышцы. Коэффициент неравномерности  $^{239+240}\text{Pu}$  при поступлении с кормом равен 25, при поступлении с почвой – 200.

Наибольшие концентрации  $^{241}\text{Am}$  найдены в печени, наименьшие в бедренной мышце и головном мозге. В группу органов и тканей с более высокими концентрациями радионуклида можно отнести костную ткань, почки, селезенку и легкие, в группу с менее высокими концентрациями: курдючный жир, мышцы сердца и языка. Коэффициент неравномерности равен – 250 (по мышечной ткани).

$^{137}\text{Cs}$  распределяется в организме более равномерно, чем трансурановые радионуклиды. При длительном поступлении радионуклида в организм наибольшие концентрации  $^{137}\text{Cs}$  установлены в бедренной мышце и почках, наименьшие в курдючном жире. Активность  $^{137}\text{Cs}$  в костной ткани ниже в 3,6 раз, чем в бедренной мышце. Концентрации радионуклида в печени, легких, селезенки и семенниках приблизительно одинаковы, немного меньше в коже и головном мозге (1,5-2 раза).

Анализ результатов исследований показал, что распределение удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  в «мягких» органах имеет слабо выраженную закономерность.

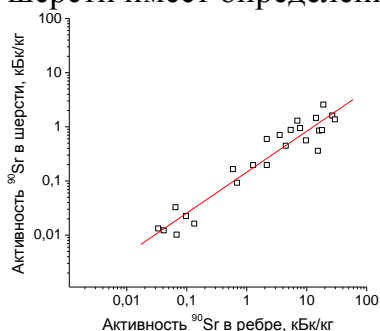
**Таблица 1 – Распределение радионуклидов в организме овец относительно максимальной удельной активности радионуклида в органе или ткани**

Органы и ткани	$^{239+240}\text{Pu}^*$	$^{239+240}\text{Pu}^{**}$	$^{241}\text{Am}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
печень	1 1-1	1 1-1	1 1-1	0,32 0,31-0,42	0,0018 0,0009-0,0038
костная ткань (ребро)	–	0,4 0,2-0,5	0,25 0,24-0,26	0,28 0,12-0,3	1 1-1
кожа	0,54 0,27-0,61	0,11 0,07-0,15	–	0,16 0,08-0,4	–
почки	0,57 51-62	0,12 0,08-0,15	0,25 0,19-0,31	0,9 0,8-1	0,0038 0,0028-0,0058
легкое	0,15 0,9-0,24	0,031 0,027-0,064	0,07 0,04-0,1	0,33 0,21-0,38	0,003 0,0026-0,0058
селезенка	0,47 0,47-0,47	0,13 0,08-0,18	0,18 0,16-0,2	0,34 0,29-0,44	0,0036 0,0022-0,0045
жир курдючный	–	0,034 0,009-0,06	0,016 0,007-0,025	0,023 0,02-0,025	–
сердце	0,16 0,16-0,16	0,012 0,0008-0,015	0,022 0,021-0,022	0,33 0,27-0,5	0,0022 0,0017-0,0032
мышцы языка	–	0,005 0,003-0,006	0,009 0,008-0,01	0,53 0,44-0,62	–
бедренные мышцы	0,04 0,02-0,08	0,005 0,002-0,013	0,004 0,003-0,004	1 0,9-1	0,0018 0,0016-0,0024
головной мозг	–	–	0,0009 0,0007-0,001	0,22 0,15-29	–
семенники	–	–	–	0,30 0,27-0,54	0,003 0,002-0,008

Примечание: в числителе – медиана, в знаменателе – нижний и верхний квартиль; \* - при поступлении с почвой

Наибольшие концентрации зафиксированы в почках и селезенке, далее отмечено убывание в ряду: семенники  $\geq$  легкие  $>$  сердце  $>$  печень  $\geq$  мышцы бедра. Концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в шерсти меньше в 10 раз, чем в костной ткани. Коэффициент неравномерности равен 560.

Приведенными исследованиями установлено, что распределение  $^{90}\text{Sr}$  в костной ткани и шерсти имеет определенную зависимость (рис. 5).



**Рисунок 5 – Корреляция удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  в костной ткани и шерсти животных, ( $r=0,8\pm 0,14$ ,  $t_r=5,7$ )**

В таблице 2 представлены коэффициенты перехода (отношение удельной активности радионуклида в органе или ткани (Бк/кг) к количеству радионуклида поступившего за сутки (Бк/сут))  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в органы и ткани овец.  $K_{п}^{239+240}\text{Pu}$  в

баранину при поступлении с растительностью (луговой и степной) в среднем в 6 раз больше  $K_{п}$  при поступлении с почвой из зоны радиоактивного водотока и в 150 раз больше  $K_{п}$  при поступлении с почвой с эпицентра наземного испытания. Полученные  $K_{п}$  из корма в баранину сопоставимы с ранее полученными данными британских ученых (N.A. Beresford, 2007).

**Таблица 2 – Коэффициенты перехода  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в органы и ткани овец,  $n \times 10^{-5}$**

Органы и ткани	$K_{п} \text{ } ^{239+240}\text{Pu}$			$K_{п} \text{ } ^{241}\text{Am}$
	растительность с зон радиоактивных водотоков и эпицентров наземных испытаний	почва с зон радиоактивных водотоков	почва с эпицентров наземных испытаний	почва с эпицентров наземных испытаний
печень	>310	>220	>30	>310
костная ткань	>140	>20	>20	>80
кожа	80 (40-110)	34 (30-36)	-	-
почки	150 (110-180)	20 (16-20)	-	>100
легкие	30 (15-30)	>5	>1	12 (10-13)
сердце	<60	1,9 (1,8-2,1)	-	4 (2-7)
селезенка	<160	11 (11-38)	-	>60
жир курдючный	6 (4-9)	-	0,5 (0,3-0,8)	2,0 (1,7-2,3)
язык	-	-	0,08 (0,08–0,1)	1,8 (1,0-2,5)
бедренные мышцы	8,6 (6-11)	1,8 (1,2-2,4)	0,05 (0,03–0,08)	0,3 (0,2-0,7)
Головной мозг	-	-	-	0,15 (0,12-0,15)

Примечание: примечание: в числителе – медиана, в скобках – нижний и верхний квартиль

В условиях СИП  $K_{п} \text{ } ^{241}\text{Am}$  в органы и ткани овец получены при его поступлении в организм с почвой. Оценочный  $K_{п} \text{ } ^{241}\text{Am}$  в баранину при поступлении его с кормом составил –  $4,0 \times 10^{-3}$ . При этом  $K_{п} \text{ } ^{241}\text{Am}$  в баранину при поступлении с почвой составил  $3,0 \times 10^{-6}$ , что меньше на 3 порядка, чем  $K_{п}$  при поступлении с кормом.

Из таблицы 3 видно, что  $K_{п} \text{ } ^{137}\text{Cs}$  в баранину при поступлении его с луговой растительностью выше  $K_{п}$  при поступлении со степной растительностью и почвой 3,5 и 3 раза, соответственно.  $K_{п} \text{ } ^{137}\text{Cs}$  в баранину для растительности с зоны радиоактивного водотока входит в диапазон значений  $K_{п}$  представленных в справочнике МАГАТЭ (№472, 2010), где минимальное значение составляет  $5,3 \times 10^{-2}$ , максимальное – 1,3 (всего 41 значений). Тогда как,  $K_{п}$  для растительности с эпицентра наземного испытания оказался в 2 раза меньше, чем представленное в справочнике минимальное значение.

**Таблица 3 –  $K_{п} \text{ } ^{137}\text{Cs}$  в органы и ткани животных,  $n \times 10^{-2}$**

Органы и ткани	степная растительность с эпицентра наземного испытания	луговая растительность с зоны радиоактивного водотока	почва с эпицентра наземного испытания
бедренные мышцы	2,6 (2,6–2,7)	9,0 (8,6-9,4)	3,1 (2,4–3,9)
почки	<3	6,8 (6,3–7,4)	4,1 (2,7–4,1)
сердце, печень, селезенка, мышцы языка, легкое	<2	2,8 (2,0–3,1)	1,3 (0,8–1,6)

Примечание: в числителе – медиана, в знаменателе – нижний и верхний квартиль.

$K_{п}$   $^{90}\text{Sr}$  в баранину при поступлении с водой в среднем в 2 раза больше  $K_{п}$  при поступлении с луговой растительностью и до 4 раз выше  $K_{п}$  при поступлении с почвой (табл. 4). Коэффициент перехода  $^{90}\text{Sr}$  из корма в баранину сопоставим с минимальным значением  $K_{п}$  представленного в справочнике МАГАТЭ (№472, 2010).

#### 4.2. Параметры перехода радионуклидов в органы и ткани лошадей

Максимальные активности  $^{239+240}\text{Pu}$  (Бк/кг) в организме лошадей установлены в печени, минимальные – в бедренной мышце (табл. 5). Коэффициент неравномерности  $^{239+240}\text{Pu}$  у взрослых животных составил  $330 \pm 130$ . Концентрации радионуклида в костной ткани  $3,8 \pm 1,8$  раз меньше, чем в печени. Активность  $^{239+240}\text{Pu}$  в почках, селезенке и легких приблизительно одинаковая, в них активность радионуклида в  $12 \pm 6$  раз меньше чем в печени.

**Таблица 4 –  $K_{п}$   $^{90}\text{Sr}$  в органы и ткани животных,  $n \times 10^{-2}$**

$K_{п}$	вода	луговая растительность с зоны радиоактивного водотока	почва с эпицентра наземного испытания
костная ткань	>15000	1100 (970–1100)	670 (570–780)
легкие, почки, селезенка, семенники	15 (11–17)	3,3 (2,8–4,3)	–
бедренные мышцы, сердце, печень	4,3 (3,9–4,8)	1,8 (1,6–2,8)	0,6 (0,05–0,8)

Примечание: в числителе – медиана, в скобках – нижний и верхний квартиль.

**Таблица 5 –  $K_{п}$   $^{239+240}\text{Pu}$  в органы и ткани животных и плодов,  $n \times 10^{-5}$**

Органы и ткани	Коэффициент перехода $^{239+240}\text{Pu}$ в органы и ткани					
	1-я группа (почва)			2-я группа (раствор)		
	кобыла	кобылка	плод	кобыла	кобылка	плод
бедренные мышцы	$0,067 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,003$	$0,2 \pm 0,05$	$0,073 \pm 0,0$ 2	$0,06 \pm 0,02$	$0,2 \pm 0,05$
печень	$0,8 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,6$	$0,01 \pm 0,003$	$32 \pm 8$	$22 \pm 6$	$0,2 \pm 0,05$
легкое	$0,1 \pm 0,03$	$0,2 \pm 0,05$	$0,02 \pm 0,01$	$1,4 \pm 0,4$	$1 \pm 0,3$	$0,02 \pm 0,01$
сердце	$0,01 \pm 0,003$	$0,06 \pm 0,02$	$< 0,04$	$0,3 \pm 0,08$	$0,2 \pm 0,05$	$0,05 \pm 0,01$
почки	$0,1 \pm 0,03$	$0,8 \pm 0,2$	$0,02 \pm 0,01$	$4 \pm 1$	$0,6 \pm 0,2$	$0,05 \pm 0,01$
селезенка	$0,1 \pm 0,03$	$0,04 \pm 0,01$	–	$3 \pm 0,8$	$2 \pm 0,5$	–
ребро	$0,2 \pm 0,05$	$0,8 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,05$	$5 \pm 1$	$11 \pm 3$	$1,5 \pm 0,4$
бедренная кость	–	–	$0,2 \pm 0,05$	–	–	$1 \pm 0,3$
запястные кости	–	–	–	–	–	$1,3 \pm 0,3$
содержимое ЖКТ	–	–	$0,07 \pm 0,02$	–	–	$0,2 \pm 0,05$

Распределение  $^{239+240}\text{Pu}$  в организме взрослых животных и плодов лошадей отличается. Наибольшие концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$  найдены в костной ткани, при этом, концентрации в ребрах выше в 2 раза, чем в бедренной кости. В печени плода из 1-й группы найдены наименьшие концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$ , тогда как у плода из 2-й группы активность радионуклида была существенно выше, чем в сердце, легких и почках. Концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$  в почках, сердце и легких приблизительно одинаковые, в них найдены наименьшие активности радионуклида. Коэффициент неравномерности  $^{239+240}\text{Pu}$  у плодов составил  $120 \pm 50$ . Немного выше концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$  в бедренной мышце. Полученные данные по переходу  $^{239+240}\text{Pu}$  через плацентарный барьер в потомство лошадей сопоставимы с результатами, полученными на лабораторных животных (Рысина Т.Н., 1962).

Показано что (табл. 5), что  $K_{п}$  радионуклида в органы и ткани животных 2-х групп отличаются.  $^{239+240}\text{Pu}$  переходит существенно больше в органы и ткани животных при поступлении радионуклида с добавленным в корм раствором, чем при поступлении с почвой. Эта разница составляет от 10 до 40 раз.

Представленные данные показывают, что в 1-й группе  $K_{п}$  оказались выше у молодого животного, чем у взрослого. В отдельных органах эти различия составили от 2-х до 5-и раз. Однако, переход  $^{239+240}\text{Pu}$  в органы и ткани животных из 2-й группы был практически одинаковым, в некоторых случаях коэффициент перехода был больше в организме взрослого животного (селезенка, бедренные мышцы), чем у молодого.

Сравнивая параметры перехода радионуклида в органы и ткани плодов и кобыл можно увидеть, что в 1-й группе,  $K_{п}$  радионуклида больше у кобылы, чем у плода. У 2-й группы  $K_{п}$   $^{239+240}\text{Pu}$  в печень, ребра, почки, легкие и сердце кобылы на порядок больше, чем в органы плода, однако  $K_{п}$  в мышечную ткань оказался наоборот, больше у плода. Концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$  в печени плода и кобылы из 1-й группы отличаются в 65 раз, у животных из 2-й группы в 190 раз.

В отличие от поведения  $^{239+240}\text{Pu}$  распределение  $^{241}\text{Am}$  в организме животных, более равномерное. Коэффициент неравномерности распределения  $^{241}\text{Am}$  составил  $3,5 \pm 1$  у животных из 1-й группы и  $60 \pm 30$  у животных из 2-й группы, что значительно ниже, чем коэффициент неравномерности  $^{239+240}\text{Pu}$ . В организме животных наибольшие концентрации  $^{241}\text{Am}$  найдены в печени, почках и костной ткани, наименьшие – в бедренной мышце и сердце (табл. 6). Активность радионуклида в печени в 2-3 раза больше, чем в костной ткани и почках. Содержание  $^{241}\text{Am}$  в легких и селезенке приблизительно одинаковое, активность радионуклида в них выше в 2-3 раза, чем в сердце и бедренной мышце.

**Таблица 6 –  $K_{п}$   $^{241}\text{Am}$  в органы и ткани животных и плодов,  $n \times 10^{-5}$**

Органы и ткани	Коэффициент перехода $^{241}\text{Am}$ в органы и ткани					
	1-я группа (почва)			2-я группа (раствор)		
	кобыла	кобылка	плод	кобыла	кобылка	плод
бедренные мышцы	$0,12 \pm 0,04$	$<0,2$	$<0,2$	$0,7 \pm 0,2$	$<0,3$	$<0,4$
печень	$<0,3$	$2 \pm 0,6$	$<0,5$	$72 \pm 22$	$60 \pm 18$	$0,6 \pm 0,2$
легкое	$0,4 \pm 0,1$	$1 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,2$	$4 \pm 1$	$4 \pm 1$	$1 \pm 0,3$
сердце	$0,5 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,2$	$<9$	$1 \pm 0,3$	$2 \pm 0,6$	$<1$
почки	$<0,4$	$1 \pm 0,3$	$<0,7$	$13 \pm 4$	$38 \pm 11$	$1 \pm 0,3$
селезенка	$1 \pm 0,3$	$0,7 \pm 0,2$	–	$5 \pm 2$	$3 \pm 1$	–
ребро	$1,3 \pm 0,4$	$<1,4$	$24 \pm 7$	$14 \pm 4$	$23 \pm 7$	$<16$
бедренная кость	–	–	$<15$	–	–	$<14$
запястные кости	–	–	–	–	–	$<14$
содержимое ЖКТ	–	–	$<1$	–	–	$<0,7$

Распределение  $^{241}\text{Am}$  в организме плодов иное. Аналогично распределению  $^{239+240}\text{Pu}$ , наибольшие активности  $^{241}\text{Am}$  найдены в ребрах и запястных костях, наименьшие в печени и бедренной мышце. Коэффициент неравномерности  $^{241}\text{Am}$  у плода из 1-й группы – 110, у плода из 2-й группы – 40.

Установлено, что  $K_{п}$   $^{241}\text{Am}$  в органы и ткани 2-х групп отличаются. Однако, по сравнению с  $^{239+240}\text{Pu}$  эта разница менее существенна. Видно, что  $^{241}\text{Am}$  переходит больше в органы и ткани животных при поступлении радионуклида с добавленным в корм раствором, чем при поступлении с почвой (до 25 раз). Отсутствие численных

значений активности  $^{241}\text{Am}$  в органах и тканях плода не позволяют более детально сравнить параметры перехода радионуклида, поэтому сравнение проведено только по содержанию радионуклида в органах и тканях взрослых животных.

Сравнивая параметры перехода радионуклида у животных разного возраста можно отметить, что существенной разницы не установлено. Так, из таблицы видно, что содержание  $^{241}\text{Am}$  в сердце, легких, почках и костной ткани незначительно превышает таковое у молодых животных. Тогда как в печени, селезенках и бедренной мышце активность радионуклида выше в организме взрослого животного.

Сравнивая концентрации радионуклида в органах и тканях кобылы и плода из 1-й группы, можно увидеть, что  $^{241}\text{Am}$  переходит больше в 20 раз в костную ткань плода, чем материнского организма. Однако, у животных из 2-й группы концентрации радионуклида существенно выше в органах и тканях кобылы, чем плода.

Распределение  $^{137}\text{Cs}$  как в организме взрослых животных, так и плодов равномерное (табл. 7). Коэффициент неравномерности у плодов составил  $3,7 \pm 0,5$ , у взрослых животных –  $4,9 \pm 0,4$ . В сердце и бедренной мышце взрослых животных найдены наибольшие активности радионуклида, наименьшие – в костной ткани. Отличием распределения радионуклида в организме плода является то, что концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в костной ткани оказались высокими и практически одинаковыми с ее концентрациями в бедренной мышце и почках, а в печени были найдены наименьшие концентрации радионуклида. Аналогичные данные были получены на новорожденных ягнятах (Булдаков Л.А., 1964).

**Таблица 7 –  $K_{\text{п}}$   $^{137}\text{Cs}$  в органы и ткани животных и плодов,  $\text{п} \times 10^{-3}$**

Органы и ткани	Коэффициент перехода $^{137}\text{Cs}$ в органы и ткани					
	1-я группа (почва)			2-я группа (раствор)		
	кобыла	кобылка	плод	кобыла	кобылка	плод
бедренные мышцы	$0,038 \pm 0,01$	$0,1 \pm 0,04$	$0,02 \pm 0,007$	$27 \pm 8$	$50 \pm 15$	$7 \pm 2$
печень	$0,05 \pm 0,02$	$0,1 \pm 0,04$	$< 0,03$	$12 \pm 4$	$27 \pm 8$	$2 \pm 0,6$
легкое	$< 0,02$	$< 0,03$	$< 0,03$	$9 \pm 3$	$17 \pm 5$	$5 \pm 1$
сердце	$0,07 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,03$	–	$30 \pm 9$	$40 \pm 12$	$5 \pm 1$
почки	$< 0,03$	$< 0,03$	$< 0,09$	$9 \pm 3$	$14 \pm 4$	$7 \pm 2$
селезенка	$< 0,03$	$< 0,04$	–	$21 \pm 6$	$32 \pm 10$	–
ребро	$< 0,02$	$< 0,02$	–	$6 \pm 2$	$11 \pm 3$	$8 \pm 2$
бедренная кость	–	–	–	–	–	$6 \pm 2$
содержимое ЖКТ	–	–	$< 0,08$	–	–	$7 \pm 2$

Из таблицы 7 видно, что для основной части органов и тканей (кроме печени и сердца) животных из 1-й группы, где концентрации радионуклида были ниже предела обнаружения при использованных методах и аппаратного обеспечения, рассчитаны оценочные  $K_{\text{п}}$ . Это позволяет увидеть существенную разницу между параметрами перехода  $^{137}\text{Cs}$  в органы и ткани животных 2-х групп.  $K_{\text{п}}$  отличаются от 3-х до 4-х порядков, как у животных, так и у плодов.

Сравнивая параметры перехода радионуклида в органы и ткани животных разного возраста можно сказать, что  $K_{\text{п}}$   $^{137}\text{Cs}$  в организм кобылок приблизительно в  $1,6 \pm 0,3$  раз больше, чем кобыл. Эта разница установлена как для животных из 1-й группы, так и для животных из 2-й группы.

В отличие от трансурановых радионуклидов ( $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ) различия между параметрами перехода  $^{137}\text{Cs}$  в органы и ткани кобылы и плода менее существенны. Переход  $^{137}\text{Cs}$  в «мягкие» органы и ткани плода меньше в 2-6 раз, чем в органы и

ткани кобылы. Тогда как, в костную ткань (ребро) плода  $^{137}\text{Cs}$  переходит больше в 1,2 раз, чем у кобылы.

Основные концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в организме взрослых животных отмечаются в костной ткани, что вполне ожидаемо (табл. 8).

Достаточно высокие концентрации  $^{90}\text{Sr}$  обнаружены в печени животных 2-й группы. Между другими органами распределение радионуклида приблизительно равномерное. Следует отметить, что наименьшие активности радионуклида установлены в бедренной мышце.

В организме плодов наибольшие концентрации  $^{90}\text{Sr}$  также найдены в костной ткани, при этом его активность в бедренной кости в 2 раза больше, чем в ребрах. Концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в содержимом желудочно-кишечного тракта у плода из 2-й группы сопоставимы с концентрациями в костной ткани. Среди «мягких» органов плодов наибольшие концентрации установлены в бедренной мышце, наименьшие – в почках.

Параметры перехода  $^{90}\text{Sr}$  в организм животных, при разных формах его поступления отличаются. Сравнивая концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в костной ткани животных 2-х

**Таблица 8 –  $K_{п}$   $^{90}\text{Sr}$  в органы и ткани животных и плодов,  $n \times 10^{-3}$**

Органы и ткани	Коэффициент перехода $^{90}\text{Sr}$ в органы и ткани					
	1-я группа (почва)			2-я группа (раствор)		
	кобыла	кобылка	плод	кобыла	кобылка	плод
бедренные мышцы	<0,5	0,6±0,2	<1	7±2	6±2	10±4
печень	5±2	2±0,7	<2	16±6	9±3	8±3
легкое	5±2	3±1	4±1	36±10	23±8	7±2
сердце	1±0,4	2±0,7	<10	12±4	9±3	7±2
почки	5±2	10±4	<3	80±30	380±130	4±1
селезенка	3±1	3±1	–	12±4	8±3	–
ребро	1400±490	5100±1800	130±46	1900±670	7200±2500	260±90
бедренная кость	–	–	160±56	–	–	5000±1800
запястные кости	–	–	–	–	–	580±200
содержимое ЖКТ	–	–	<4	–	–	1300±460

групп, можно увидеть, что при поступлении радионуклида с добавленным в корм раствором, радионуклид переходит в 1,5 раза больше, чем при поступлении с почвой. У плодов эта разница составляет 2 раза. Так, же существенно отличаются  $K_{п}$  в «мягких» органах, отличия могут достигать может достигать одного порядка.

Сравнивая  $K_{п}$   $^{90}\text{Sr}$  в органы и ткани животных разного возраста, можно увидеть, что в костную ткань (ребро) и почки молодых особей этот радионуклид переходит больше в 3,7±0,1 раз и 3,5±2,0 раз, соответственно, чем в костную ткань взрослых животных.

Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в «мягких» органах и тканях плода от кобылы из 1-й группы было ниже предела обнаружения. У второго плода активность радионуклида была достаточно высокой, что позволило рассчитать коэффициент перехода  $^{90}\text{Sr}$  для каждого органа. Параметры перехода радионуклида в органы и ткани плода были ниже в 7-10 раз, чем в органы и ткани кобылы. Однако, в бедренной кости плода из 2-й группы активность  $^{90}\text{Sr}$  была в 2,6 раз больше, чем найденная активность в ребрах материнского организма.

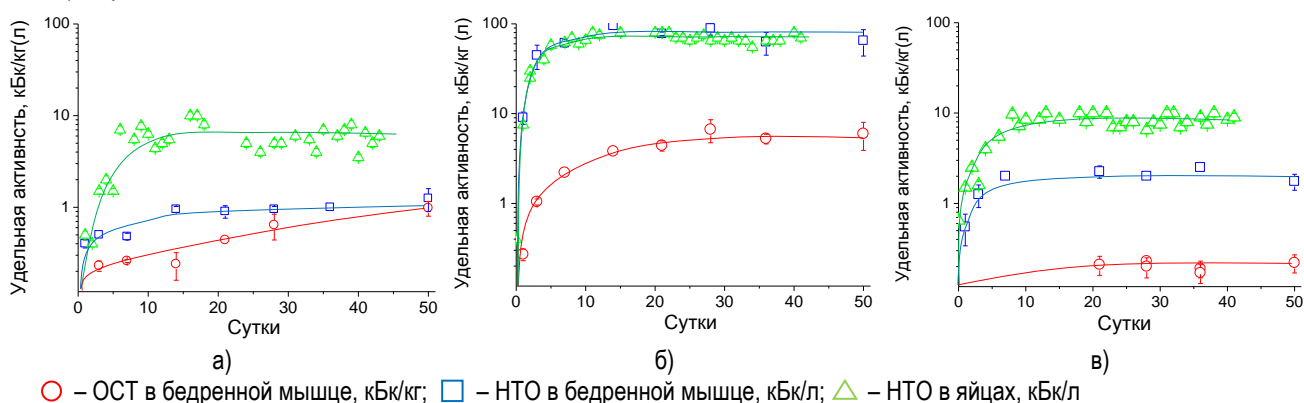


### 4.3. Исследование параметров перехода $^3\text{H}$ в продукцию животноводства и птицеводства

#### 4.3.1. Параметры перехода $^3\text{H}$ в продукцию птицеводства при длительном поступлении с атмосферным воздухом, водой и травяной мукой

Динамика концентрации ОСТ (органически связанный  $^3\text{H}$ ) в мышечной ткани кур, а также НТО ( $^3\text{H}$  в свободной воде) в мышечной ткани и яйцах кур при длительном поступлении с кормом, водой и воздухом представлена на рисунках (рис. 6, а, б, в).

Показано (рис. 6, а), что увеличение концентрации НТО в мышечной ткани кур несушек отмечается до двухнедельного срока кормления загрязненным кормом. Далее наступает замедление роста активности радионуклида. Активность радионуклида колеблется в пределах от 1 до 1,2 кБк/л. Концентрация НТО в яйцах кур после 8-х суток и до конца эксперимента колеблется в пределах от 6 до 8 кБк/л. Концентрация ОСТ в мышечной ткани кур увеличивается на протяжении всего периода эксперимента. К концу эксперимента активность радионуклида равна 1,0-1,1 кБк/кг.



**Рисунок 6 – Динамика перехода  $^3\text{H}$  мышечную ткань и яйца кур при длительном поступлении с кормом (а), водой (б) и воздухом (в) (погрешность измерения не превышает размера символов).**

В результате поступления радионуклида с водой, максимальная концентрация НТО в мышечной ткани составила – 90–100 кБк/л которая была зафиксирована после 2-х недель поения кур загрязненной водой, после чего активность радионуклида не увеличивается (рис. 6, б).

Динамика концентрации НТО в яйцах этих же кур имеет идентичный характер. Активность ОСТ в мышечной ткани кур увеличивается до 30-го дня эксперимента, после чего рост концентрации радионуклида существенно замедляется.

При поступлении  $^3\text{H}$  с атмосферным воздухом в организм кур в течение первых 10-днев происходит увеличение концентрации НТО в мышечной ткани и яйцах кур (рис. 6, в). На протяжении всего эксперимента удельная активность НТО в мышечной ткани составляет в среднем –  $2,2 \pm 0,3$  кБк/л и в яйцах –  $8,5 \pm 1,0$  кБк/л. Удельная активность ОСТ в мышечной ткани кур в течение первого месяца эксперимента была ниже возможностей обнаружения радионуклида при использованном аппаратурно-методическом обеспечении ( $< 0,15$  кБк/кг). Только после 30 дней получены численные значения, которые колеблются в пределах от 0,17 до 0,22 кБк/кг. Роста концентрации ОСТ после 30 суток не установлено.

Из полученных результатов видно, что концентрации НТО мышечной ткани и яйцах кур при поступлении радионуклида с водой оказались практически одинаковыми, тогда как при поступлении с воздухом удельная активность в яйцах

была выше приблизительно в 4 раза, чем в мышечной ткани, при поступлении с травяной мукой – 6 раз. При этом необходимо отметить, что подготовка и измерение НТО в мышечной ткани и яйцах кур проводилась идентично. Ожидалось, что концентрации НТО в мышечной ткани и яйцах одних и тех же кур будут в равных количествах. Это показывает, что обмен  $^3\text{H}$  в организме птиц, при его поступлении с воздухом, водой и кормом значительно отличается. Возможно, эти отличия связаны с формой поступления радионуклида и тонкими физиологическими особенностями живого организма, что требует дополнительных исследований. Поскольку ранее подобных исследований не проводилось, полученные результаты могут быть интересными с точки зрения изучения метаболизма  $^3\text{H}$  в организме животных и птиц.

Отношения концентрации ОСТ и НТО в мышечной ткани кур (ОСТ/НТО) при поступлении с водой, атмосферным воздухом и травяной мукой составили 0,08, 0,09 и 0,7 соответственно.  $K_{\text{п}}$  ОСТ и НТО в мышечную ткань и яйца кур рассчитаны согласно уравнениям из документа МАГАТЭ (№1738, 2014) и представлены в таблице 9.

**Таблица 9 –  $K_{\text{п}}$   $^3\text{H}$  в мышечную ткань и яйца кур несушек при поступлении с воздухом, водой и травяной мукой**

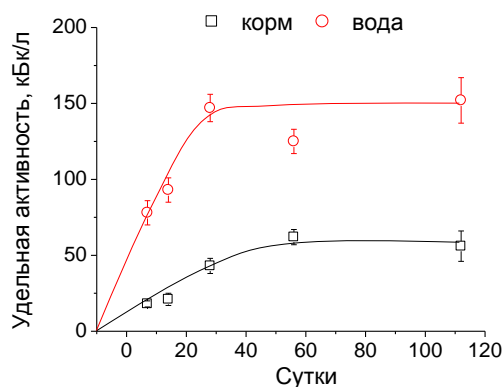
Вид продукта	Коэффициенты перехода $^3\text{H}$ с различными источниками поступления							
	травяная мука				вода		атмосферный воздух	
	$F_{\text{НН}}$	$F_{\text{ОН}}$	$F_{\text{НО}}$	$F_{\text{ОО}}$	$F_{\text{НН}}$	$F_{\text{НО}}$	$F_{\text{НН}}$	$F_{\text{НО}}$
Куриное мясо	$7,6 \pm 1,5$	$1,9 \pm 0,4$	$7,7 \pm 1,5$	$2,0 \pm 0,4$	$2,0 \pm 0,5$	$0,15 \pm 0,04$	$1,5 \pm 0,4$	$0,16 \pm 0,02$
Яйца	$43 \pm 13$	$11 \pm 3$	–	–	$2,0 \pm 0,3$	–	$6,6 \pm 1,0$	–

$F_{\text{НН}}$  – коэффициент перехода НТО рациона в НТО продукта (сут/кг);  $F_{\text{ОН}}$  – коэффициент перехода ОСТ рациона в НТО продукта (сут/кг);  $F_{\text{НО}}$  – коэффициент перехода НТО рациона в ОСТ продукта (сут/кг);  $F_{\text{ОО}}$  – коэффициент перехода ОСТ рациона в ОСТ продукта (сут/кг);

Полученные  $K_{\text{п}}$   $^3\text{H}$  в яйца и мышечную ткань кур при поступлении его с водой ( $F_{\text{НН}}$ ), а также  $K_{\text{п}}$  в мышечную ткань кур при поступлении с кормом ( $F_{\text{НО}}$ ,  $F_{\text{ОО}}$ ) сопоставимы с расчетными значениями (D. Galeriu, 2001).

#### 4.3.2. Параметры перехода $^3\text{H}$ в органы и ткани овец при его длительном поступлении с водой и кормом

Проведенные исследования показали, что при длительном поступлении  $^3\text{H}$  с кормом и водой распределение НТО между органами (бедренные мышцы, печень, легкие, почки, семенники, сердце, селезенка) животных равномерное. Однако, распределение НТО между костной тканью и «мягкими» органами отличается в зависимости от формы поступления. При поступлении радионуклида с кормом концентрация НТО в костной ткани до 6 раз меньше, чем в бедренной мышце, а при поступлении с водой в 14 раз.



**Рисунок 7 – Динамика концентрации НТО в бедренной мышце овец при поступлении с кормом и водой**

Динамика концентрации НТО в бедренной мышце овец при поступлении с кормом и водой, представлена на графике (рис. 7). Показано, что при поступлении  $^3\text{H}$  в организм животных с водой равновесное состояние НТО в органах и тканях наступает после 28 суток

При поступлении с луговой растительностью динамика перехода НТО в мышцы отличается. Замедление роста удельной активности НТО происходит после 56 суток кормления животных.

Как видно из таблицы  $K_{п} \text{ } ^3\text{H}$  в свободную воду органов и тканей животных с водой и кормом отличаются.  $K_{п} \text{ } ^3\text{H}$  при поступлении с водой ниже, чем при поступлении с растительностью.

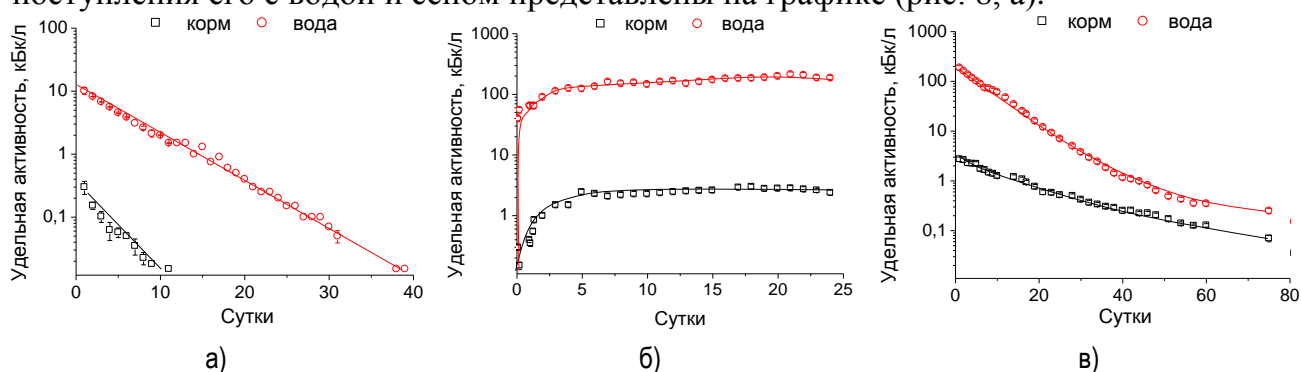
**Таблица 10 –  $K_{п} \text{ } ^3\text{H}$  в свободную воду органов и тканей животных**

Органы и ткани	$K_{п}$ при поступлении с луговой растительностью ( $F_{НН}$ )	$K_{п}$ при поступлении с водой ( $F_{НН}$ )
бедренные мышцы, сердце, печень, селезенка, язык, легкое почки	0,15 (0,14-0,17)	0,11 (0,1-0,12)
Костная ткань	0,02 (0,01-0,03)	0,008 (0,005-0,01)

Примечание: в числителе – медиана, в скобках – нижний и верхний квартиль;

### 4.3.3 Параметры перехода $^3\text{H}$ в кобылье молоко при однократном и длительном поступлении радионуклида с водой и сеном

Снижение концентрации  $^3\text{H}$  (НТО) в кобыльем молоке после однократного поступления его с водой и сеном представлены на графике (рис. 8, а).



**Рисунок 8 – Концентрации НТО в кобыльем молоке после однократного (а) и длительного (б – накопление, в – выведение) поступления с сеном и водой (погрешность измерения не превышает размера символов)**

Максимальные концентрации НТО в кобыльем молоке установлены через 3 часа после поступления, как при однократном поступлении с сеном, так при поступлении с водой. Максимальные концентрации НТО кобыльем молоке составили 2,1% от суммарного  $^3\text{H}$ , поступившего в организм животного с сеном, при поступлении с водой – 0,22%.

Концентрация (рис. 8, б) НТО в кобыльем молоке при длительном его поступлении в организм животного, как с водой, так и с кормом довольно быстро нарастает впервые 10 суток, после чего происходит замедление роста активности НТО в молоке, однако, несмотря на это активность продолжает медленно расти. В последние дни эксперимента (на 23–24 сутки) рост активности  $^3\text{H}$  в молоке существенно замедляется.

Максимальные коэффициенты перехода НТО в кобылье молоко при длительном поступлении с водой приходится на 22–23 сутки эксперимента и составил  $F_{НН} - 0,027$ , при кормлении загрязненным сеном  $F_{НН} - 0,4$ ,  $F_{ОН} - 0,1$ .

После прекращения поения и кормления, загрязненной  $^3\text{H}$  сеном и водой, динамика концентрации НТО в кобыльем молоке имеет экспоненциальный характер снижения (рис. 8, в). Анализ кривых показал, что кривые можно разделить на две

компоненты: с быстрым и с медленным периодом выведения, которые можно аппроксимировать уравнениями (1) и (2) для  $^3\text{H}$  поступившего с сеном, (3) и (4) для  $^3\text{H}$  поступившего с водой:

$$A_c^{(t=1\dots 20)} = 1,5e^{-(1,3\pm 0,4)t} \quad (1) \quad A_c^{(t=20\dots 75)} = 1,5e^{-(0,04\pm 0,01)t} \quad (2)$$

$$A_b^{(t=1\dots 20)} = 45e^{-(0,66\pm 0,2)t} \quad (3) \quad A_b^{(t=20\dots 75)} = 190e^{-(0,12\pm 0,005)t} \quad (4)$$

Снижение концентрации НТО в молоке после поступления  $^3\text{H}$  с кормом происходит гораздо медленней, чем после поступления с питьевой водой.

Первый период полуснижения концентрации НТО в кобыльем молоке после длительного поступления радионуклида с водой, составил – 6 суток, второй – 10 суток подсчет времени производился с момента последнего поения загрязненной водой. Аналогичный показатель после длительного поступления радионуклида с сеном составил 7 и 23 суток соответственно, при этом подсчет времени производился после определения остатков съеденного корма. Через 75 суток активность НТО в молоке составляет  $4,4 \times 10^{-3}\%$  от среднесуточного поступления  $^3\text{H}$  с водой и  $5,0 \times 10^{-1}\%$  от среднесуточного поступления  $^3\text{H}$  с сеном.

## ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВЕДЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СИП

Полученные результаты исследования свидетельствуют, что при выпасе животных непосредственно на территории испытательных площадках СИП, где уровни загрязнения почвы и растительности радионуклидами могут достигать значимых величин, животноводческая продукция будет соответствовать гигиеническим нормативам по обеспечению радиационной безопасности. Во-первых, это связано с тем, что площади загрязнения испытательных площадок малы и локальны по сравнению с ареалом выпаса животных (всего 1,0-1,5 км<sup>2</sup>). Вторая причина, это относительно низкая миграционная способность радионуклидов в системе «почва-корм-продукция» на территории СИП.

Исключением является р. Шаган и водные источники, вытекающие за пределы площадки «Дегелен». При выпасе животных на этих участках возможно поступление повышенных концентрации  $^3\text{H}$  в продукцию. Для контроля качества получаемой на этой территории продукции, достаточно проведение теоретических расчетов, принимая во внимание площади загрязнения, объемы кормовых запасов на загрязненных участках и периоды полувыведения  $^3\text{H}$  из организма.

В случае если животных выпасали на территории площадки «4А» или в непосредственной близости к этому участку, целесообразно провести оценку содержания  $^{90}\text{Sr}$  в шерсти животных или в молоке.

В целом, можно утверждать, что животноводческая продукция полученная, на территории СИП вне испытательных площадок (т.е. более 95% территории полигона), будет соответствовать гигиеническим нормативам «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» РК.

При дальнейших исследованиях территории СИП с целью их передачи в хозяйственный оборот оценка качества животноводческой продукции может быть ограничена лишь теоретическими расчетами.

### ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что при длительном поступлении  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в организм овец их концентрации в основных органах депонирования (для  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  – печень, костная ткань, для  $^{137}\text{Cs}$  – мышечная ткань, для  $^{90}\text{Sr}$  – костная ткань) увеличиваются на протяжении 16 недель. В других органах и тканях после 2 и 4

недель поступления  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в организм происходит существенное замедление роста их активности.

2. Установлено, что распределение  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в органах и тканях овец, при равновесном состоянии радионуклидов в организме, находится в определенном количественном соотношении. Концентрации радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в максимально накапливающих органах (для  $^{137}\text{Cs}$  – мышцы бедра, для  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  – печени, для  $^{90}\text{Sr}$  – костная ткань), превышают концентрации в минимально накапливающих органах (для  $^{137}\text{Cs}$  – курдючный жир, для  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  – мышцы бедра) до 45, 200, 250 и 560 раз, соответственно.

3 Установлено, что с увеличением активности  $^{90}\text{Sr}$  в шерсти характерно увеличение активности радионуклида в костной ткани овец. Таким образом, данная зависимость позволяет провести прижизненную оценку концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в организме.

4. В ходе исследований определено, что  $K_{\text{п}}$   $^{239+240}\text{Pu}$   $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в органы и ткани овец, при поступлении радионуклидов в организм животных с различными источниками (корм, вода, почва), отличаются. При этом, наибольшая биологическая доступность радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  организму отмечена при поступлении с кормом, наименьшая – с почвой. Также установлено, что  $K_{\text{п}}$   $^{137}\text{Cs}$  в баранину при кормлении животных растительностью с мест проведения наземных ядерных испытаний до 3 раз меньше, чем при кормлении растительностью с мест радиоактивных водотоков.  $K_{\text{п}}$   $^{239+240}\text{Pu}$  в баранину при поступлении с растительностью (луговой и степной) в среднем в 6 раз больше  $K_{\text{п}}$  при поступлении с почвой с зоны радиоактивного водотока и в 150 раз больше  $K_{\text{п}}$  при поступлении с почвой с эпицентра наземного испытания.  $K_{\text{п}}$   $^{90}\text{Sr}$  в баранину при поступлении с водой больше, чем при поступлении радионуклида с кормом и почвой до 2 и 4 раз, соответственно.

5. Исследование распределения  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в организме лошадей и плодов показало, что распределение радионуклидов более равномерное в организме плодов, чем в организме кобыл. Определено, что  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  переходит больше в органы и ткани годовалых кобылок, чем в органы и ткани взрослых кобыл (10 лет) до 1,6 и 3,6 раз соответственно, для  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  существенной разницы не выявлено. При длительном поступлении  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в организм лошадей  $K_{\text{п}}$  радионуклидов в основные органы депонирования (для  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  – печень, для  $^{137}\text{Cs}$  – мышечная ткань, для  $^{90}\text{Sr}$  – костная ткань) больше с добавленным в корм радиоактивным раствором, чем с почвой до 40, 60, 500 и 1,4 раз, соответственно.

6. Определено, что при длительном поступлении  $^3\text{H}$  в организм кур несушек с различными источниками (с воздухом, водой и травяной мукой) в первые 2 недели происходит увеличение концентрации НТО, как в мышечной ткани, так и яйцах кур. Далее, наступает динамическое равновесие концентрации радионуклида в данных продуктах. Динамика концентрации ОСТ в мышечной ткани при поступлении с водой и травяной мукой отличается. При поступлении с водой выход на плато происходит после 4 недель, тогда как при поступлении с травяной мукой не выявлено равновесного состояния по истечению 8 недель. Установлено, что при длительном поступлении  $^3\text{H}$  с водой отношение концентрации НТО в мышечной ткани и НТО яйцах кур не превышает – 1, при поступлении с воздухом – 4 при поступлении травяной мукой – 6. Отношение концентрации ОСТ (органический связанный  $^3\text{H}$ ) и НТО в мышечной ткани кур (ОСТ/НТО) при поступлении с водой, атмосферным воздухом и травяной мукой составили 0,08, 0,09 и 0,7 соответственно.

7. Результаты исследований показали, что  $K_p$   $^3\text{H}$  в баранину при поступлении с водой не превысит  $1,1 \times 10^{-2}$  л/сут, при поступлении с растительностью –  $1,5 \times 10^{-1}$ . В кобылье молоко  $^3\text{H}$  переходит наибольшее с кормом, чем с водой. Установлено, что снижение концентрации  $^3\text{H}$  в кобыльем молоке после длительного поступления радионуклида с сеном происходит медленнее в 2 раза, чем при поступлении с питьевой водой.

8. Животноводческая и птицеводческая продукция, полученная на территории СИП вне испытательных площадок в основном будет соответствовать гигиеническому нормативу «Санитарно–эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» Республики Казахстан. Исключением является р. Шаган и водные источники, вытекающие за пределы площадки «Дегелен». При выпасе животных на этих участках возможно поступление повышенных концентраций  $^3\text{H}$  в продукцию.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:*

1. Байгазинов, Ж.А. Перехода  $^{241}\text{Am}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  в продукцию овцеводства в условиях Семипалатинского испытательного полигона / Ж.А., Байгазинов, С.Н. Лукашенко [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. - № 3. – С. 731-735.
2. Байгазинов, Ж.А. Переход трития в кобылье молоко / Ж.А. Байгазинов, С.Н. Лукашенко [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. - № 2. - С. 498-505.

*Статьи в сборниках трудов:*

3. Байгазинов, Ж.А. Параметры перехода  $^{90}\text{Sr}$  с водой и сеном в молоко крупного рогатого скота при однократном и длительном поступлении радионуклида в условиях площадки «Дегелен» / Ж.А. Байгазинов, С.Н. Лукашенко // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2011-2012]. – Вып. 4. – Павлодар: Дом печати, 2013. – С. 175 – 183.: ил. - Библиогр.: с. 183 – 184.
4. Байгазинов, Ж.А. Формирование загрязнения тритием продукции птицеводства при ее получении в условиях испытательной площадки «Дегелен» // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2011-2012] / Ж.А. Байгазинов, С.Н. Лукашенко. – Вып. 4. – Павлодар: Дом печати, 2013. – С. 185 – 194.: ил. - Библиогр.: с. 194-195.
5. Паницкий, А.В. Трансурановые элементы в организме сельскохозяйственных животных при их разведении в условиях испытательной площадки «Дегелен» / А.В. Паницкий, Ж.А. Байгазинов, С.Н. Лукашенко, А.П. Коваль // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2010 г. ]. – Вып. 3. Т.2. – Павлодар: Дом печати, 2010. – С.143 - 159. : ил. - Библиогр.: - ISBN 978-601-7112-53-0.
6. Байгазинов, Ж.А. Исследование динамики изменения концентрации трития в сыворотке молока крупного рогатого скота при различных формах его поступления в естественных условиях / Ж.А. Байгазинов, А.В Паницкий, С.Н. Лукашенко и др. // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2007 – 2009гг. ]. – Вып. 2. – Павлодар: Дом печати, 2010. – С.387 - 396.: ил. - Библиогр.: с. 396 – 397. - ISBN 978-601-7112-32-5.

7. Байгазинов, Ж.А. Экспериментальное исследование особенностей перехода искусственных радионуклидов в органы и ткани овец в условиях СИП / Ж.А. Байгазинов, А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко и др. // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2007 – 2009гг.]. – Вып. 2. – Павлодар: Дом печати, 2010. – С.355 - 380. : ил. - Библиогр.: с. 380 -385. - ISBN 978-601-7112-32-5.
8. Паницкий, А.В. Экспериментальная оценка поступления и распределения радионуклидов в организме сельскохозяйственных животных, выпасаемых на радиационно-загрязненной территории площадки «Дегелен» / А.В. Паницкий, Ж.А. Байгазинов и др. // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2010. - №3 (14). - С. 145-153.

*Материалы научных конференций:*

9. Baigazinov, Zh.A. Parameters of radionuclide transfer to livestock and poultry products in distant period after nuclear tests at the Semipalatinsk test site / Zh.A. Baigazinov, S.N. Lukashenko, A.V. Panitskiy, S. S. Karataev, A.S. Mamurbaeva // Third International Conference «ENVIRA 2015 CONFERENCE», 21-25.09.2015 г. - Thessaloniki Greece, 2015.
10. Байгазинов, Ж.А. Параметры перехода  $H^3$ ,  $^{137}Cs$ ,  $^{90}Sr$ ,  $^{241}Am$  и  $^{239+240}Pu$  в органы и ткани овец / Ж.А. Байгазинов, С.Н. Лукашенко [и др.] // Ядерная и радиационная физика: X Междунар. конф., 8-11 сентября 2015г. - Курчатов, 2015.
11. Baigazinov, Zh. Semipalatinsk test site: Parameters of radionuclide transfer to livestock and poultry products under actual radioactive contamination / Zh. Baigazinov, , S . Lukashenko // Institute of Radiation Safety and Ecology (Kazakhstan)); Grupo Pacifico, C/ Maria Cubi 4, 08006 Barcelona (Spain) // <https://intranet.pacific meetings.com/amsysweb/publicacionOnline.jsf?id=146>
12. Байгазинов, Ж.А. К вопросу о параметрах перехода радионуклидов в органы и ткани сельскохозяйственных животных в условиях СИП / Ж.А. Байгазинов , С.Н. Лукашенко // Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и перспективы развития: тезисы докладов VI Междунар. науч.-конф., 24-26 сент. 2014. - Курчатов, 24-26 сентября, 2014. – Курчатов, 2014. – С. 42–44.
13. Паницкий, А.В. Исследование параметров перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию на территории Семипалатинского испытательного полигона // А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко, Ж.А. Байгазинов // Ядерные технологии XXI века. Республиканский научный семинар «Атомная энергетика, ядерные и радиационные технологии»: тез.докл. IV Междунар. конф., 21–23 октября 2014. – Минск: Право и экономика, 2014. – С. 37-38. - ISBN 978-985-552-344-5.
14. Байгазинов, Ж.А. Исследование перехода искусственных радионуклидов в продукцию животноводства и птицеводства в условиях радиоактивного загрязнения СИП / Ж.А. Байгазинов, С.Н. Лукашенко // Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и перспективы развития: тез. докл. V Междунар. науч.- практ. конф. 12-14 сент. 2012г. – Курчатов, 2012. – С. 37.
15. Байгазинов, Ж.А. Параметры перехода  $^{90}Sr$  с водой и сеном в молоко крупного рогатого скота при однократном и длительном поступлении радионуклида в условиях ОЭП «Дегелен» / Ж.А. Байгазинов, А.В. Паницкий и др. // Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и перспективы развития: тез. докл. V Междунар.науч.-практ.конф.,12-14 сент. 2012 г. – Курчатов, 2012. – С. 109–110.