

УДК 577.391:504.74:636.3:541.28:539.16

ПЕРЕХОД ^{241}Am И $^{239+240}\text{Pu}$ В ПРОДУКЦИЮ ОВЦЕВОДСТВА В УСЛОВИЯХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Байгазинов Ж.А., Лукашенко С.Н., Паницкий А.В., Каратаев С.С.,
Байгазы С.А., Мамырбаева А.С.

Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК, Курчатова, e-mail: irbe@nnc.kz

В работе представлены результаты натурных исследований по изучению особенностей перехода трансуранических радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в органы и ткани овец при различных сроках их поступления со степной растительностью в условиях содержания на радиационно-загрязненной технической площадке «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона. Независимо от длительности периода поступления ^{241}Am в организм животных не обнаружено заметного накопления радионуклида в органах и тканях баранов, кроме как в кожной ткани. При расчете дозовых нагрузок на население от ^{241}Am можно использовать кожную ткань как наиболее критичный орган. Коэффициент перехода ^{241}Am в мышечную ткань овец составляет $<3,0 \cdot 10^{-3}$. Установлено, что основным органом депонирования $^{239+240}\text{Pu}$ является печень, накопление в котором зависит от длительности поступления. Коэффициент перехода $^{239+240}\text{Pu}$ в печень $>3,4 \cdot 10^{-3}$, а его коэффициент перехода в мышечную ткань баранов составил $(7,7 \pm 3,0) \cdot 10^{-5}$.

Ключевые слова: радиэкология, Семипалатинский испытательный полигон, коэффициент перехода, бараны, органы и ткани, америций-241, плутоний-239+240.

THE TRANSFER OF ^{241}AM AND $^{239+240}\text{PU}$ TO THE PRODUCTS OF SHEEP BREEDING IN THE SEMIPALATINSK TEST SITE CONDITIONS

Baygazinov Z.A., Lukashenko S.N., Panitskiy A.V., Karataev S.S.,
Baygazy S.A., Mamyrbayeva A.S.

Institute of Radiation Safety and Ecology NNC R.K., Kurchatov, e-mail: irbe@nnc.kz

The paper presents the results of field full-scale studies on the characteristics of the transuranic ^{241}Am and $^{239+240}\text{Pu}$ transfer in the organs and tissues of sheep at different periods of their intake with steppe vegetation in the conditions of the radiation contaminated at «Experimental Field» site of the former Semipalatinsk Nuclear Test Site. Regardless of the duration period of ^{241}Am uptake by the animals no significant accumulation of the radionuclide in the organs and tissues of sheep were found, except in the skin tissue. In calculating dose loads to the public from ^{241}Am one can use skin tissue as the most critical organ. The ^{241}Am transfer factor in the muscle tissue of sheep is $3,0 \cdot 10^{-3}$. It has been found that the main organ for depositing $^{239+240}\text{Pu}$ is the liver, where the accumulation is dependent on the duration of intake. The $^{239+240}\text{Pu}$ transfer factor in the liver is $>3,4 \cdot 10^{-3}$, and its transfer factor into the muscle tissue of sheep is $(7,7 \pm 3,0) \cdot 10^{-5}$.

Keywords: Radioecology, Semipalatinsk Test Site, transfer factor, sheep, organs and tissues, americium-241, plutonium-239+240

Данные литературного обзора, посвященного изучению параметров перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию, Грин Н. [8], где обобщена информация 300 публикаций, документы МАГАТЭ [11], обобщение Фесенко С. и др. [5, 6] показывают, что переходу трансуранических радионуклидов в животноводческую продукцию посвящены единичные работы. Необходимо отметить работу по исследованию перехода ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в органы и ткани овец [4], проведенную в Британии. Подобные исследования проводились на Семипалатинском полигоне в низкогорном массиве Дегелен [2]. Настоящая работа является продолжением этих исследований, но они проведены на радиационно-загрязненной площадке «Опытное поле» СИП, которая расположена в пустынно-степной зоне. Данный участок характеризуется более значительным содержанием радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$.

В данной статье представлены результаты исследований, проведенных в 2010

году. Исследования посвящены изучению динамики перехода радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в системе «степное разнотравье – продукция овцеводства»; исследованию особенностей распределения радионуклидов в различных органах и тканях овец.

Полученные знания о параметрах перехода радионуклидов будут использованы для построения прогнозных моделей и оценки дозовых нагрузок на население, потребляющее полученную на территории СИП продукцию.

Материалы и методика исследования

Исследования проведены на площадке «Опытное поле» СИП, где ранее проводились наземные ядерные испытания. В качестве исследуемых животных использовалось 6 голов двухгодовалых кастрированных баранов казахской курдючной грубошерстной породы («Едильбаевская») с живым весом 51 ± 2 кг. Все животные были схожими по клиническому состоянию и экстерьерно-конституциональным данным.

Исследования проводились в летний период, животные находились в условиях стойлового содержания. До начала эксперимента животные

выпасались на чистых участках со степным разнотравьем. За 1,5 месяца до начала исследования все животные были острижены. После завоза баранов на место проведения эксперимента для адаптации к новым условиям (стойловому содержанию) в течение 10 дней всех баранов кормили только чистым кормом. Далее животным начали скармливать сухостепное разнотравье (на участке доминирует полынно-ковыльное сообщество), произрастающее на радиоактивно-загрязненном участке.

Растительность скашивалась ежедневно вручную. Сроки кормления баранов составляли – 3, 7, 14, 28, 56, 112 суток. В конце каждого срока, после 12 часовой голодной выдержки – производился забой одного животного методом обескровливания. Подкормка концентрированными и другими видами кормов не осуществлялась. Для контроля поступления радионуклида в организм каждого барана проводился отбор проб растений из заготовленного для кормления сена и ежедневный учет количества съеденного корма.

Отбор и подготовка проб растений (сена). Пробы растений отбирались ежедневно из общей массы корма, предназначенного для скармливания, по 300 г в течение недели, формируя одну пробу массой 2,1 кг (300 г×7 дней). Образец пробы растений (2,1 кг) не промывался, измельчался (длиной 3–5 см), сушился, дополнительно измельчался на мельнице и просеивался через сито $d = 1$ мм. Далее проба помещалась в измерительную кювету для проведения γ -спектрометрического определения. После чего пробы готовились для радиохимического определения $^{239+240}\text{Pu}$.

Отбор и подготовка проб животного происхождения. Мышечная ткань срезалась с внешней и внутренней части бедра. Сердце, легкие, печень, почки и селезенка полностью передавались на анализ. Костная ткань (передние три ребра) очищалась от мясосальных частиц. Хрящевая ткань – у забитого животного отбиралась верхняя часть уха площадью 35–40 см². Далее хрящевая ткань вручную освобождалась от кожи. Шкуры – производилась очистка волосяного покрова (отделение) шерсти от кожи. Очищенная кожа отмывалась от грязи, крови, лимфы и очищалась от мясосальных частиц. Шерстная ткань – отмывалась в растворе, а затем промывалась проточной водой, ополаскивалась дистиллированной водой, высушивалась.

Подготовка биопроб на гамма-спектрометрические измерения (^{241}Am). Пробы мышечной ткани, почек, легких, селезенки, сердца, печени и шерсти растворялись в концентрированной азотной кислоте до полного разложения, и уже раствор подвергался анализу. Пробы костной и кожной ткани высушивались при температуре 250 °С в течение 96 часов, после этого истирались на мельнице и далее помещались во взвешенный стакан для измерения.

Подготовка биопроб на альфа-спектрометрические измерения ($^{239+240}\text{Pu}$). Радиохимическое разложение всех биологических образцов (растений, органов и тканей) проводилось посредством разложения в азотной кислоте, сжигания в муфельной печи, перевода золы в раствор. Из полученного раствора проводилось осаждение изотопов плутония на мембранных фильтрах. Полученные источники передавались на измерения.

Гамма-спектрометрические измерения. Для определения содержания гамма-излучающего радионуклида ^{241}Am в пробах использовались гамма-спектрометрические установки с планарным (BE 2020) германиевым детектором фирмы «Canberra».

Измерения проводились в соответствии с методикой выполнения измерений на гамма-спектрометре № 5.06.001.98 РК [1].

Альфа-спектрометрические измерения. Определение удельной активности $^{239+240}\text{Pu}$ в пробах проводилось радиохимическим выделением по соответствующей методике [3] с последующим измерением на альфа-спектрометре «Alpha Analyst» фирмы «Canberra».

Расчет коэффициента перехода радионуклидов в продукцию. В качестве параметра уровня перехода радионуклидов из внешней среды в животноводческую продукцию использовался коэффициент перехода $K_{\text{п}}$, который рассчитывается как отношение удельной активности органа или ткани (Бк/кг) к суммарному количеству радионуклида, поступившего в течение дня в организм животного (Бк/сут).

Результаты исследования и их обсуждение

Расчет поступления ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в организм баранов с кормом. Содержание ^{241}Am в растительном корме за весь период эксперимента изменялось в пределах от < 4 до 55 ± 5 Бк на кг сухого вещества ($n = 16$, 19 ± 15 Бк/кг), $^{239+240}\text{Pu}$ – в пределах от 10 ± 1 до 235 ± 12 Бк на кг сухого вещества ($n = 16$, 82 ± 70 Бк/кг). В среднем каждое животное ежедневно потребляло $0,9 \pm 0,2$ кг сухого вещества сена. На основании этих данных проводился расчет среднесуточного поступления радионуклидов с кормом в организм каждого барана. Количество среднесуточного поступления радионуклидов с кормом в организм баранов представлено в таблице (табл. 1).

Заметное снижение количества суточного поступления $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am с кормом у животных с более длительным сроком объясняется тем, что по мере отдаленности от воронки при ежедневном скашивании сена загрязненность участка снижалась.

Исследование особенностей перехода ^{241}Am в организм баранов. К сожалению, в большинстве случаев активность ^{241}Am в тканях и органах была ниже уровня обнаружения при использованных методиках и аппаратно-методическом обеспечении. Лишь на единственное значение в мышечной ткани был получен коэффициент перехода, который составил $3,0 \cdot 10^{-3}$. В справочнике МАГАТЭ по параметрам перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию имеется одно значение коэффициента перехода ^{241}Am в баранину, которое составляет $1,1 \cdot 10^{-4}$. Откуда следует, что полученный коэффициент перехода больше на один порядок, чем представленный в справочнике. При этом понятно, что единственное значение является статистически недостоверным. Возможно, что полученный коэффициент перехода ^{241}Am в мышечную ткань овец, полученный в условиях СИП, меньше, чем $3,0 \cdot 10^{-3}$.

Таблица 1

Количество суточного поступления радионуклидов с сеном в организм баранов

Радионуклид	Сроки содержания баранов на эксперименте, суток					
	3	7	14	28	56	112
	Среднесуточное поступление радионуклидов в организм, Бк/сут					
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	212 ± 42	205 ± 41	192 ± 38	142 ± 28	93 ± 19	82 ± 16
²⁴¹ Am	45 ± 9	43 ± 9	32 ± 6	27 ± 5	25 ± 5	21 ± 4

Исследование особенности распределения ²⁴¹Am в различных органах и тканях баранов показало, что одним из основных органов депонирования может являться кожная ткань. Коэффициент перехода радионуклида в кожную ткань баранов при более длительном содержании увеличивается от $5,5 \cdot 10^{-4}$ до $2,6 \cdot 10^{-3}$. В данном случае предполагается факт перкутанного поступления ²⁴¹Am в кожную ткань (на участках, где располагались животные, содержание ²⁴¹Am в почве достигало от 200 до 1500 Бк/кг), что предполагает зависимость уровня проникновения ²⁴¹Am вглубь кожной ткани от периода поступления радионуклида. Подтверждение данного предположения требует дополнительных исследований. При этом, если данный факт подтвердится, то кожная ткань животных, выпасающихся на загрязненных участках, будет являться одним из критичных продуктов сельского хозяйства при расчете дозовых нагрузок на население. Тем более, что кожа, помимо использования в промышленности, может входить в состав рациона питания

местного населения (студень, местные деликатесы).

Исследование особенностей перехода ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в организм баранов. В результате проведенных альфа-спектрометрических измерений было зафиксировано содержание ²³⁹⁺²⁴⁰Pu во всех пробах мышечной ткани, печени, легких, коже и шерсти. В селезенке и сердце этих же баранов не получены численные значения активности радионуклида, так как они, ниже уровня обнаружения при использованном аппаратурно-методическом обеспечении. В пробах почек, хрящевой и костной ткани обнаружены единичные значения ²³⁹⁺²⁴⁰Pu. Значения удельной активности радионуклида ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в тканях и органах представляют убывающий ряд: шерстная ткань > кожная ткань > печень > легкие > мышечная ткань ≥ костная ткань ≥ почки ≥ хрящевая ткань ушей > сердце ≥ селезенка.

В результате были рассчитаны коэффициенты перехода ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в мышечную ткань, печень, легкие, ребра, шерсть и кожу, представленные в таблице (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты перехода ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в органы и ткани баранов

Органы и ткани	Сроки содержания баранов на эксперименте, суток					
	3	7	14	28	56	112
	Удельная активность ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/кг (на сырой вес)					
Мышцы	$4,6 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	нет	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Печень	$7,1 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$9,0 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$
Легкие	$9,0 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$
Костная ткань (ребра)	$< 4,4 \cdot 10^{-4}$	$< 5,4 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$< 7,7 \cdot 10^{-4}$	$< 1,2 \cdot 10^{-3}$	$< 1,2 \cdot 10^{-3}$
Шерсть	$8,7 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$7,6 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$
Кожа	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	нет

Мышечная ткань. По переходу ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в мышечную ткань можно сделать следующие выводы:

1. Параметры перехода не меняются и не зависят от длительности поступления (табл. 2).

2. Коэффициенты перехода ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в мышечную ткань баранов составили $(7,7 \pm 3,0) \cdot 10^{-5}$.

В отмеченной выше работе британских ученых [4] было установлено, что коэффициент перехода ²³⁹⁺²⁴⁰Pu в мясо молодого кастрированного молодняка с живым ве-

сом $22 \pm 1,6$ кг составляет $(8,5 \pm 2,45) \cdot 10^{-5}$, в мясо овцы с живым весом $53 \pm 3,3$ кг составляет $(2,0 \pm 0,7) \cdot 10^{-5}$. Как видно из приведенных цифр, полученные данные сопоставимы.

Печень. В ранее проведенных исследованиях было определено, что изотопы плутония и америция у сельскохозяйственных [9] и лабораторных животных [10] накапливаются в печени и скелете. Динамика обмена ²³⁹Pu в печени может быть объяснена динамикой обмена комплексных

соединений радионуклида с глобулинами [12]. Из представленной выше таблицы видно, что концентрация $^{239+240}\text{Pu}$ в пробах печени увеличивается в зависимости от длительности поступления. При этом если коэффициент перехода $^{239+240}\text{Pu}$ в печень на третьи сутки равен $7,5 \cdot 10^{-5}$, то через 112 суток кормления коэффициент перехода увеличился до $2,8 \cdot 10^{-3}$ (табл. 2).

Легкие, сердце, селезенка. Во многих работах легкие не рассматривают как основной орган, который накапливает $^{239+240}\text{Pu}$. Однако в проанализированных пробах легких был обнаружен $^{239+240}\text{Pu}$, при этом концентрация последнего всегда больше в легких, чем в мышечной ткани. Также необходимо отметить, что сердце и селезенка являются менее критичными органами, чем легкие. Поэтому для них можно использовать коэффициент перехода, полученный для легких, который варьирует от $4,0 \cdot 10^{-4}$ до $9,5 \cdot 10^{-5}$. Результаты показали, что концентрация $^{239+240}\text{Pu}$ в легких не увеличивается и не зависит от длительности поступления радионуклида в организм.

Почки. Из 6-ти проанализированных проб почек в 3-х были получены удельные активности $^{239+240}\text{Pu}$. Коэффициенты перехода при этих значениях достаточно высокие и составляют от $1,7 \cdot 10^{-3}$ до $4,4 \cdot 10^{-4}$, что более значительно, чем для мышечной ткани, легких, сердца и селезенки. Увеличение удельной активности радионуклида в почках в зависимости от длительности эксперимента нечетко выражено, как этот процесс отмечается в печени. Возможно, это связано с погрешностью измерений или варьированием суточного поступления радионуклида в организм в последние дни перед забоем животных.

Костная ткань (ребра). Костная ткань считается основным местом депонирования $^{239+240}\text{Pu}$ в организме. Из проанализированных проб лишь в одной пробе удалось получить численное значение, коэффициент перехода при этом составил $1,3 \cdot 10^{-3}$. Известно, что разные кости по-разному депонируют техногенные радионуклиды. Так, в работе [7], где выпасали коров на загрязненных участках, установлено, что плутоний из сыворотки крови больше переходит в позвоночную кость, чем в бедренную. В данной работе на анализы костной ткани были выбраны ребра на основании данных по накоплению ^{90}Sr . Откуда известно, что для расчета активности целого скелета можно ограничиться только анализом одного-двух ребер, взятых целиком, или лопатки. В результате были получены значения ниже уровня обнаружения при использованном аппаратно-методическом обеспечении.

Возможно, что переход $^{239+240}\text{Pu}$ в ребра проходит с меньшей интенсивностью, чем в позвоночную и бедренную кости. К настоящему времени данных об особенностях перехода трансураниевых радионуклидов в различные части скелета овец нет.

Шерсть. Результаты настоящих исследований показали, что содержание $^{239+240}\text{Pu}$ в шерстной ткани животных не увеличивается при длительном поступлении радионуклида, хотя наибольшие активности его в организме сконцентрированы именно здесь. Диапазон значений коэффициентов перехода для шерстной ткани составил от $7,2 \cdot 10^{-3}$ до $9,3 \cdot 10^{-4}$. Известно, что шерстная ткань в основном состоит из белков группы кератинов, которые, как и коллагены, составляющие основу соединительной ткани животных (кость, хрящ, сухожилие), входят в состав фибриллярных белков. Схожие химические составы позволяют предположить, что шерсть, как и костная ткань, будет являться основным местом депонирования $^{239+240}\text{Pu}$. В случае подтверждения данного предположения, а также выявления закономерности распределения $^{239+240}\text{Pu}$ в этих тканях это позволило бы оценивать содержание нуклидов в организме, не забивая животное. Для выявления зависимости распределения $^{239+240}\text{Pu}$ между органами (тканями) и шерстью было рассмотрено отношение удельной активности радионуклида того или иного органа (или ткани) к его удельной активности в шерсти. В результате был получен большой разброс значений, который показал отсутствие какой-либо зависимости распределения $^{239+240}\text{Pu}$ между органами и шерстью.

Кожа. Как и в шерстной ткани, так и в коже животных были найдены наиболее высокие концентрации радионуклида. Диапазон значений коэффициентов перехода $^{239+240}\text{Pu}$ в кожную ткань составил от $1,9 \cdot 10^{-4}$ до $9,9 \cdot 10^{-4}$. Вероятнее всего высокое содержание плутония в кожной ткани связано с перкутанным поступлением. Содержание $^{239+240}\text{Pu}$ в почве на участке, где содержались животные, достигало 15 кБк/кг. Попавшие на поверхность кожи частицы $^{239+240}\text{Pu}$ проникают вглубь кожи через гомогенную ткань и через поры и каналы.

Хрящевая ткань. В овцеводстве отрезание верхней части уха овец используется как метка животных, предназначенных на забой (или брак). В связи с чем была попытка использовать хрящевую ткань ушей как часть тела, по которому возможно оценить содержание радионуклида в организме, не забивая животное. К сожалению, лишь в двух случаях были получены численные значения. Диапазон значений коэффициен-

тов перехода $^{239+240}\text{Pu}$ в хрящевую ткань составил от $1,3 \cdot 10^{-3}$ до $2,3 \cdot 10^{-3}$. Полученные результаты сопоставимы с параметрами перехода в костную ткань, что предполагает возможность использования части уха как индикатор накопления в костной ткани.

Заключение

В представленной работе проведена оценка параметров перехода трансурановых радионуклидов ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в продукцию овцеводства при различных сроках скармливания загрязненных кормов и в условиях содержания на загрязненных участках Семипалатинского испытательного полигона.

В результате проведенных работ получены оценочные коэффициенты перехода ^{241}Am в мышечную и кожную ткань овец. При этом выявлено, что кожная ткань животных, выпаасаемых на загрязненных участках, может являться одним из критических сельскохозяйственных продуктов, используемых при расчете дозовых нагрузок на население.

Установлено, что основным органом депонирования $^{239+240}\text{Pu}$ в организме баранов является печень. Изучение динамики перехода радионуклида $^{239+240}\text{Pu}$ в различные органы и ткани овец, показало, что при увеличении сроков его поступления в организм животного концентрация этого нуклида в печени растет. Переход $^{239+240}\text{Pu}$ в другие органы и ткани: шерстную ткань, кожную ткань, легкие, мышечную ткань, костную ткань, хрящевую ткань ушей, сердце, селезенку – не зависит от длительности поступления.

Список литературы

1. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре: МИ 2143-91. – Введ. 1998-06-02. – Рег. № 5.06.001.98. – М.: НПО ВНИИФТРИ, 1991. – 17 с.
2. Паницкий А.В. Трансурановые элементы в организме сельскохозяйственных животных при их разведении в условиях испытательной площадки «Дегелен» / А.В. Паницкий, Ж.А. Байгазинов, А.П. Коваль // Актуальные вопросы радиэкологии Казахстана [Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2010 г.]. – Т. 2. – Вып. 3. – Павлодар: Дом печати, 2010. – С. 143–159.
3. СТП 17.66-92. Плутоний-238, 239, 240. Радиохимическая методика выделения из проб почвы и приготовления препаратов для альфа-спектрометрических измерений. Стандарт предприятия. Комплексная система управления качеством разработок. – Введ. 1993-01-02. – СПб.: НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», 1993. – 10 с.
4. Beresford N.A. The transfer of radionuclide's from salt-marsh vegetation to sheep tissues and milk / N.A. Beresford, B.J. Howard, R.W. Mayes, C.S. Lamd // J. Environmental of Radioactivity. – 2007. – Vol. 98. – P. 36–49.
5. Fesenko S. Review of Russian language studies on radionuclide behaviour in agricultural animals: part 2. Transfer to milk / S. Fesenko, N. Isamov, B.J. Howard [et al.] // J. Environmental of Radioactivity. – 2007. – Vol. 98. – P. 104–136.
6. Fesenko S. Review of Russian language studies on radionuclide behaviour in agricultural animals: part 1. Gut absorption / S. Fesenko, N. Isamov, B.J. Howard [et al.] // J. Environmental of Radioactivity. – 2007. – Vol. 98. – P. 85–103.
7. Gilbert R.O. Transfer of aged Pu to cattle grazing on a contaminated environment / R.O. Gilbert, D.W. Engel, D.D.

Smith, J.H. Shinn, L.R. Anspaugh, R. Eisele Gerhard // Health Physics. – 1988. – Vol. 54. – № 3. – P. 323–335.

8. Green N. Recommended transfer factors from feed to animal products. NRPB-W40 / N. Green, R.F.M. Woodman // National Radiological Protection Board. – 2003. – 63 p.

9. Green D. The distribution of plutonium-239 in the skeleton of the mouse / D. Green, G.R. Howells, M.C. Thorne, J. Vennart // Rec. commun. 4e Congr. int. AIRP. – Paris, 1977. – Vol. 2. – P. 405–412.

10. Ham G.J. The distribution of ^{137}Cs , plutonium and americium in sheep / G.J. Ham, J.D. Harrison, D.S. Popplewell, E. Curtis // Science of the Total Environment. – 1989. – Vol. 85. – P. 235–244.

11. Handbook of Parameter Values for the Prediction of radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. – Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2010. (Technical reports series, ISSN 0074-1914; no. 472).

12. Netchev Ch. The significance of liver in metabolism of plutonium-239 / Ch. Netchev // Res. Commun. 4e Congr int AIRP. – Paris. – 1977. – Vol. – P. 413–416.

References

1. Activity of radionuclides in bulk samples. Methods by measuring gamma – spectrometer: MI 2143-91. Enter. 06.02.1998. Reg. no.5.06.001.98. M.: NGOs VNIIFTRI, 1991. pp. 17.
2. Panitskiy A.V., Baigazinov Zh.A., Koval A.P., Transuranic elements in the bodies of farm animals at breeding them in conditions of «Delegen» testing site, Actual problems Radioecology of Kazakhstan [Proceedings of the Institute of Radiation Safety and Ecology in 2010]. Issue. 3, Pavlodar: Printing House, 2010. pp. 143–159.
3. STF 17.66-92. Plutonium- 238, 239,240. Radiochemical technique for separation of soil samples and produce preparations for alpha – spectrometric measurements. Factory. Integrated quality management system development. – Enter. 02/01/1993. St. Petersburg, Radium Institute Khlopin, 1993. pp. 10.
4. Beresford N.A., Howard B.J., Mayes R.W., Lamd C.S., The transfer of radionuclide's from saltmarsh vegetation to sheep tissues and milk, J. Environmental of Radioactivity. 2007. Vol. 98. pp. 36–49.
5. Fesenko S., Isamov N., Howard B.J., [et al.] Review of Russian language studies on radionuclide behaviour in agricultural animals: part 2. Transfer to milk, J. Environmental of Radioactivity. 2007. Vol. 98. pp. 104–136.
6. Fesenko S., Isamov N., Howard B.J. [et al.] Review of Russian language studies on radionuclide behaviour in agricultural animals: part 1. Gut absorption, J. Environmental of Radioactivity. 2007. Vol. 98. pp. 85–103.
7. Gilbert R.O., Engel D.W., Smith D.D., H.Shinn J., Anspaugh L.R., Eisele Gerhard R., Transfer of aged Pu to cattle grazing on a contaminated environment, Health Physics. 1988. v. 54. no. 3. pp. 323–335.
8. Green N., Woodman R.F.M., Recommended transfer factors from feed to animal products. NRPB-W40, National Radiological Protection Board. 2003. 63 p.
9. Green D., Howells G.R., Thorne M.C., Vennart J. The distribution of plutonium-239 in the skeleton of the mouse, Rec. commun. 4e Congr. int. AIRP. Paris, 1977. Vol. 2. pp. 405–412.
10. Ham G.J., Harrison J.D., Popplewell D.S., Curtis E., The distribution of ^{137}Cs , plutonium and americium in sheep, Science of the Total Environment. 1989. Vol. 85. pp. 235–244.
11. Handbook of Parameter Values for the Prediction of radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2010. (Technical reports series, ISSN 0074-1914; no. 472).
12. Netchev Ch. The significance of liver in metabolism of pLutonium-239, Res. Commun. 4e Congr. int. AIRP. Paris. 1977. Vol. 2. pp. 413–416.

Рецензенты:

Кожебаев Б.Ж., д.с.-х.н., декан аграрного факультета Семипалатинского государственного университета им. Шакарима, г. Семей;
Арынова Р.А., д.б.н., профессор кафедры животноводства и охотоведения с основами морфологии Семипалатинского государственного университета им. Шакарима, г. Семей.

Работа поступила в редакцию 06.03.2014.