

ПЕРЕХОД ТРИТИЯ В КОБЫЛЬЕ МОЛОКО

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, Курчатов, Казахстан (071100, Курчатов, ул. Красноармейская, 2), e-mail: irbe@nnc.kz

В работе представлены результаты исследований по изучению динамики перехода трития (Т) в свободную воду кобыльего молока в условиях реального радиоактивного загрязнения источников поступления, воды и сена. Установлено, что наибольшая величина перехода Т в сыворотку молока кобыл при длительном поступлении с водой приходится на последние дни эксперимента и составляет 2,7 % от суточного поступления, при кормлении загрязненным сеном эта величина составляет 20 % от суточного поступления. Время наступления равновесия Т в сыворотке молока при длительном поступлении с сеном – 11 суток, при длительном поступлении с водой – 25 суток. Определено, что после прекращения длительного кормления кобыл загрязненным Т сеном время снижения его концентрации в сыворотке молока в два раза составляет 13 дней, а при поступлении с водой – 5 дней. Кривые, описывающие снижение концентраций трития в молоке, можно разделить на две компоненты: с быстрым и с медленным периодом выведения.

Ключевые слова: радиоэкология, Семипалатинский испытательный полигон, тритий, кобылье молоко, сыворотка молока, коэффициент перехода.

THE TRANSFER OF TRITIUM TO MARE'S MILK

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

Institute of Radiation Safety and Ecology NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan (071100, Kurchatov, street Krasnoarmeiskaya, 2), e-mail: irbe@nnc.kz

The paper presents research results on the dynamics of the tritium (T) transfer into the horse milk free water in real sources of contamination, water and hay. It was found that the highest T transfer factor into mares milk serum at prolonged uptake with water falls on the last day of the experiment and is – 2.7 % of the daily intake, at feeding contaminated hay this value is 20 % of daily intake. Time of T equilibrium in milk serum at prolonged uptake with hay is 11 days; at prolonged with water water is > 25 days. It was determined that after prolonged feeding with T contaminated hay, its concentration 2-fold reduction time in the serum of milk is 13 days, and when uptake with water – 5 days. Curves describing the decline of the concentration of tritium in milk can be divided into two components: with fast and slow excretion period.

Keywords: Radiology, Semipalatinsk Test Site, tritium, mare's milk, milk serum, transfer factor.

Введение

Как известно, по форме содержания трития (далее – Т) в сельскохозяйственных продуктах определяют органический связанный Т (ОСТ) и Т в свободной воде ткани (НТО). В 2010 году на очередном заседании рабочей группы МАГАТЭ в Вене [5] была сделана оценка степени изученности перехода обеих форм Т в продукты. Откуда известно, что достаточно хорошо изучен лишь переход Т в коровье молоко. Исследования перехода Т в другие продукты животноводства единичны или отсутствуют.

Присутствие Т на территории Семипалатинского испытательного полигона (далее – СИП) дает уникальную возможность улучшить знания о характере перехода Т в сельскохозяйственную продукцию с различными компонентами окружающей среды (воздух, вода, корм) в естественных условиях. Учитывая особое отношение местного населения к

кобыльему молоку и конине, а также риск поступления Т в организм человека преимущественно через продукты коневодства, полученные в условиях выпаса на загрязненных Т участках, необходимо исследование перехода Т в продукцию коневодства.

Данная работа посвящена исследованию особенностей перехода Т в свободную воду кобыльего молока при различных условиях поступления путем постановки натуральных экспериментов в естественных условиях радиоактивного загрязнения. Результаты по ОСТв кобыльем молоке будут представлены в следующих публикациях.

Материалы и методика исследования

Для исследования были выбраны местные беспородные дойные кобылы Абайского района ВКО, Республики Казахстан, которые являются наиболее типичными и распространенными для этого региона. Животные были схожи по клиническому состоянию, экстерьерно-конституциональным данным, возрасту, молочной продуктивности и периодом лактации.

Исследование было проведено в 2-х направлениях: при длительном поступлении Т с питьевой водой и при длительном поступлении Т с сеном. Каждое направление состояло из двух этапов: 1 – этап поступления, 2 – этап выведения. На этапе поступления, 24суток, одна кобыла получала загрязненное Т сено и пила «чистой» воду, другая кобыла получала «чистое» сено и пила загрязненную воду. Основными источниками поступления Т в организм животного были выбраны штольневая вода и луговая растительность с радиоактивно-загрязненного участка. На этапе выведения, 80суток, обе кобылы получали «чистое» сено и «чистую» воду. Обоих животных подкармливали отрубями в количестве 3 кг/сут. На всем протяжении исследования применяли привязное содержание кобыл. Ежедневно утром в 07.00 отбивали жеребят от кобыл и в 18.00 загоняли обратно. Доение проводили ежедневно в 09.00 ч, 12.00 ч, 15.00 ч и 18.00 ч. Отобранное молоко объединялось в одну пробу. На всем протяжении эксперимента, на этапе поступления и этапе выведения, кормление проводилось в 09.00 ч, 15.00 ч и 18.00 ч, поили животных один раз в день в 09.00 ч. Каждое животное ежедневно выпивало 30–45 литров воды и съедало 10–15 кг сена.

За 2 недели до начала эксперимента содного из радиоактивно загрязненных участков технической площадки «Дегелен» СИП была скошена растительность. После предварительной сушки сено было транспортировано на место проведения эксперимента, расположенного на технической площадке «Опытное поле», где был расположен полевой лагерь и сконструированы загоны для содержания животных. На месте была проведена дополнительная сушка сена, для того чтобы снизить содержание влаги. Для создания однородной массы растительности и равномерного поступления Т с сеном в организм животного во время эксперимента, вся масса сена была тщательно перемешана и собрана в

один стог. Стог был накрыт тентом для предотвращения изменения достигнутой кондиции и защиты от дождя.

Для оценки поступления Т с сеном проводился отбор проб растений и ежедневный учет количества съеденного загрязненного сена. Взвешивание сена проводилось каждый раз перед кормлением, остатки корма определяли утром следующего дня, данная схема учета продолжалась на всем протяжении эксперимента.

При кормлении животных загрязненным Т сеном в организм животных Т поступает как в форме тритиевой воды, так и в форме органически связанного Т. Поэтому было отдельно рассчитано поступление Т со свободной и органически связанной водой сена.

Для расчета поступления Т в форме НТО было определено сухое вещество сена [2] и удельная активность Т в свободной воде сена. Каждая проба растительности отбиралась с заготовленного стога сена на 1, 5, 10, 15, 20, 24 сутки эксперимента. На каждом сроке отбора проб брали по 3 пробы растительности. Каждая проба формировалась по 300 г.

Определение ОСТ было проведено расчетным методом. Исходили из того, что в составе органических веществ растения количество водорода составляет ~6 % от сухой массы [4]. Активность Т в органически связанной воде растения можно считать равной активности Т в свободной воде растения [6].

Для контроля поступления Т с водой проводили ежедневный учет выпитой воды, определяя количество воды до и после поения. Поение проводили каждый день утром в 09.00 ч. Воду набирали из загрязненного тритием ручья. Из ёмкостей с заготовленной водой отбирались 3 пробы воды для радионуклидного анализа. Пробы были отобраны на 1, 7, 14, 21 сутки эксперимента.

Содержание Т определялось в воде, свободной воде растений и молока, выделенной при возгонке (t до 200 °С для растения, t до 100 °С для воды и молока). Первый полученный конденсат в количестве 10 мл удаляли, на анализы отбирали следующие 5 мл. Измерение удельной активности радионуклида Т проводилось в подготовленных образцах методом жидко сцинтилляционной спектрометрии [1].

В качестве параметра перехода Т из внешней среды в сыворотку молока использовали коэффициент перехода (K_n) радионуклида, рассчитываемый как отношение удельной активности сыворотки молока (Бк/л) к суммарному количеству радионуклида, поступившего в течение дня в организм животного с водой или кормом (Бк/сут).

При исследовании динамики Т в сыворотке молока после прекращения длительного поступления Т с сеном и водой также использовали K_n , рассчитываемый как отношение удельной активности сыворотки молока (Бк/л) к суммарному количеству радионуклида, поступившего в течение дня в организм животного с водой или кормом (Бк/сут).

Результаты исследования и их обсуждения

На протяжении эксперимента животное ежедневно съедало в среднем 13 ± 2 кг загрязненного сена, сухое вещество которого составило $70 \pm 10\%$ ($n=10$). Результаты определения удельной активности Т в свободной воде сена представлены в таблице (таблица 1).

Таблица 1. Удельная активность Т в воде и в свободной воде сена

№	Пробы сена		Пробы воды	
	День отбора пробы	Удельная активность Т, кБк/л	День отбора пробы	Удельная активность Т, кБк/л
1	1-ый	$3,5^* \pm 1,4^{**}$	1-ый	$250^* \pm 20^{**}$
2	5-ый	$6,3 \pm 2,0$	7-ой	250 ± 20
3	10-ый	$4,0 \pm 0,9$	14-ый	250 ± 20
4	15-ый	$4,3 \pm 1,6$	21-ый	250 ± 20
5	20-ый	$5,3 \pm 1,2$	-	-
6	24-ый	$4,8 \pm 1,9$	-	-
	Среднее	$4,7 \pm 1,6$	Среднее	250 ± 20

* – Среднее из 3-х проб

** – Ошибка среднего

В результате было рассчитано среднесуточное поступление Т с сеном, которое составило ~ 11 кБк/сут.

На протяжении эксперимента животное ежедневно выпивало в среднем 32 ± 7 литров воды. Результаты определения удельной активности Т в воде, предназначенной для поения, представлена в таблице (таблица 1). Из таблицы видно, что концентрация Т в воде на протяжении эксперимента не изменялась. На основании данных был проведен расчет среднесуточного поступления Т с водой, которое составило 7900 ± 1100 кБк/сут.

Динамика концентрации Т в сыворотке молока при длительном поступлении с водой и сеном представлена на рисунках (рисунок 1, а, б).

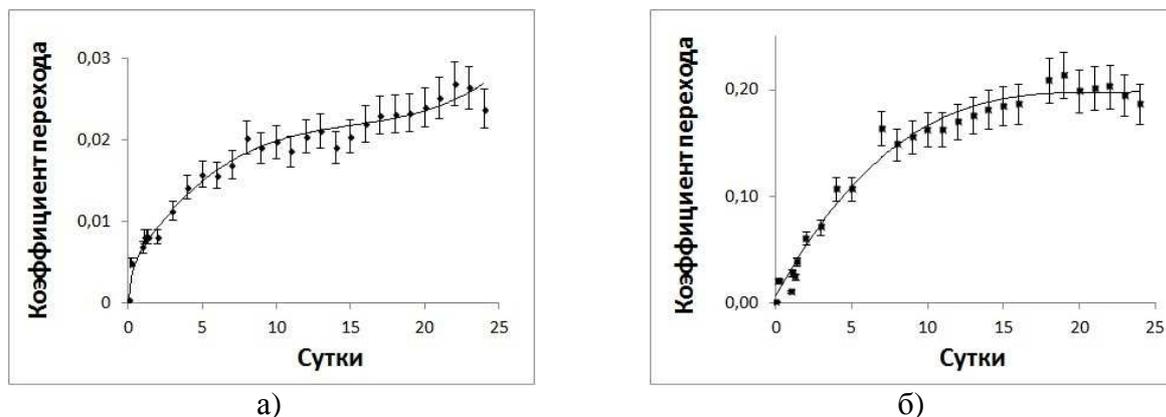


Рисунок 1. Коэффициент перехода Т в сыворотку молока при длительном поступлении с водой (а) и сеном (б)

Как видно из рисунков, концентрация Т в молочной сыворотке при поступлении Т в организм животного как с водой, так и с кормом, довольно быстро нарастает первые 10

суток, после чего происходит замедление роста активности Т в молоке, однако, несмотря на это активность продолжает медленно расти. Однако видно, что в последние дни эксперимента (на 23–24 сутки) переход Т в молоко снижается.

Наибольший коэффициент перехода Т в сыворотку молока кобыл при длительном поступлении с водой приходится на 22–23 сутки эксперимента и составляет 0,027. При кормлении загрязненным сеном коэффициент перехода равен 0,2. Это говорит о том, что переход Т с сеном больше в 7,4 раза, чем при поступлении с водой.

Динамика концентрации Т в сыворотке молока после прекращения длительного поступления Т с водой и сеном представлена на рисунке (рисунок 2).

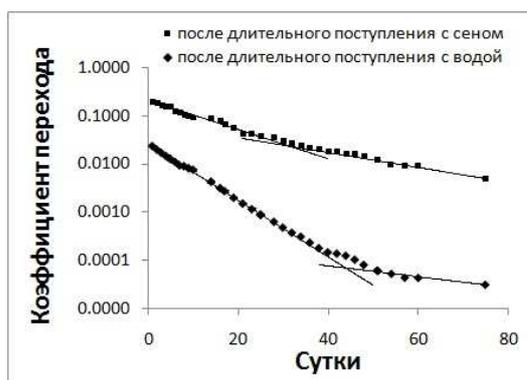


Рисунок 2. Динамика концентрации Т в сыворотке молока после прекращения длительного поступления с водой и с сеном

После прекращения поения и кормления загрязненной тритием сеном и водой динамика изменения концентрации Т в молочной сыворотке имеет экспоненциальный характер снижения. 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 Т поступившего с сеном, (3) и (4) для Т поступившего с водой:

$$A_c^{(t=1...25)} = 0,2e^{-0,069t} \quad (1)$$

$$A_c^{(t=50...75)} = 0,07e^{-0,035t} \quad (2)$$

$$A_b^{(t=1...25)} = 0,026e^{-0,13t} \quad (3)$$

$$A_b^{(t=50...75)} = 0,0002e^{-0,026t} \quad (4)$$

Снижение концентрации Т в молоке после поступления Т с кормом происходит гораздо медленней, чем после поступления с питьевой водой.

Время уменьшения концентраций Т в сыворотке молока в 2 раза после длительного поступления Т с водой в организм животного составляет ~ 120 ч, подсчёт производился с момента последнего поения загрязненной водой (т.е. с 08.00 ч последнего дня поения), после длительного поступления Т с сеном в организм животного составляет ~ 312 ч, подсчет производился после определения остатков съеденного корма (т.е. с 08.00 ч следующего дня

после последнего кормления). Через 75 суток активность Т в молоке составляет $4,4 \times 10^{-3}\%$ от среднесуточного поступления Т с водой и $5,0 \times 10^{-1}\%$ от среднесуточного поступления Т с сеном.

Ранее были проведены работы [3] по исследованию перехода Т в коровье молоко при длительном поступлении с водой и луговой растительностью, результаты которых теперь можно сравнить с результатами этих исследований. Таким образом, коэффициенты перехода Т в коровье и кобылье молоко при длительном поступлении (на 15-е сутки) с водой составили $2,2 \times 10^{-2}$ и $1,5 \times 10^{-2}$, соответственно. При этом в обоих случаях концентрации радионуклидов в молоке продолжают расти, несмотря на длительность наблюдения (25 суток).

Коэффициенты перехода Т в коровье и кобылье молоко при длительном поступлении с растительностью составили $1,8 \times 10^{-2}$ и $2,1 \times 10^{-1}$, соответственно. Различия коэффициентов перехода можно объяснить, в первую очередь, различными условиями кормления животных (свежескошенной травой и сухим сеном). Остальные причины достоверно пока не выяснены.

Снижение концентрации Т в сыворотке кобыльего и коровьего молока на 50 % после длительного поступления с водой происходит в на ~5 сутки. Снижение концентрации Т в сыворотке кобыльего и коровьего молока на 50 % после длительного поступления с растительностью происходит на ~9 сутки. Таким образом, можно полагать, что снижение концентрации Т в кобыльем и коровьем молоке имеет одинаковый характер и зависит лишь от пути (вода или корм) поступления радионуклида в организм животного.

Заключение

Проведенными исследованиями определена наибольшая величина перехода Т в сыворотку кобыльего молока при длительном поступлении с водой и кормом. При поении животного загрязненной водой коэффициент перехода составляет $2,7 \times 10^{-2}$, а при кормлении загрязненным сеном - $2,1 \times 10^{-1}$.

Выявлено, что снижение концентрации Т в молочной сыворотке при длительном поступлении Т с сеном происходит гораздо медленней, чем при длительном поступлении с питьевой водой. Так, снижение концентрации Т на 50 % после длительного поступления с водой произошло через ~5 суток, после длительного поступления с сеном – через ~9 суток.

В целом изложенные в настоящей работе результаты исследований позволяют регламентировать суточную норму Т, исключающую превышение гигиенических требований к пищевым продуктам, что крайне необходимо при оценке возможностей передачи земель СИП в народное хозяйство.

Список литературы

1. Качество воды – определение активности трития, соответствующей данной концентрации – жидкостной методом сцинтилляционного счета. Международный стандарт ISO 9698:1989 (E). – Введ. 1989-12-01. – Москва: ВЦП НТЛИД, 1990. – 17с. – Инв. № Т-1008.
2. Методическое указание для лабораторных занятий по зоотехническому анализу / М.Н. Абанова. – Семей, 1984. – 25 с.
3. Республиканская бюджетная программа 011 «Обеспечение радиационной безопасности на территории Республики Казахстан». Мероприятие 1 «Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона: отчет о РБП (информационный)» / ИРБЭ; руководитель С.Н. Лукашенко. – Курчатов: ИРБЭ, 2010. – 172 с.
4. Состав органических веществ растительных субстратов. – [Электронный ресурс]- http://wer23sd.narod.ru/_2.htm
5. Anca Melintescu User approach of expanded MAGENTC for animals; parsimonious modeling trials // 3rd Meeting of the EMRAS II Working Group 7, “Tritium”. - Vienna, Austria: IAEA Headquarters, 2010 (25–29 January).
6. 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).

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.