

## ЦЕЗИЙ-137 В МЕТАБОЛИЗМЕ ПЕРЕПЕЛОВ

А.Д. ФОКИН, Г.Д. АФАНАСЬЕВ, С.П. ТОРШИН, О.С. ЖУРАВЛЁВА

(Кафедра радиологии, кафедра птицеводства  
РГАУ - МСХА имени Ка. Тимирязева)

В опыте с перепелами, получившими разовое суточное кормление загрязнённым цезием-137 кормом, установлено, что радионуклид, поступивший в организм птиц, исключительно быстро выводится из организма птиц при переводе их на чистые корма. В первые 2 недели эффективный период полувыведения составил приблизительно 4 сут. Наиболее высокая концентрация  $^{137}\text{Cs}$  обнаруживалась в мышечных тканях. В остальных органах и тканях концентрация  $^{137}\text{Cs}$  была в 3 и более раз меньше. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах за весь период наблюдения было в 50—100 раз меньше, чем в мясе. Основная часть  $^{137}\text{Cs}$  (55—75%) находилась в белке, меньше — в желтке (4—40%) и скорлупе (5—20%) от общего содержания радионуклида в яйце.

*Ключевые слова:* перепела, цезий-137, загрязнённые радионуклидами корма, эффективный период полувыведения.

Важнейшей задачей с.-х. производства на территориях, загрязнённых радионуклидами, является получение продукции, удовлетворяющей санитарно-гигиеническим требованиям. Наиболее проблематично удовлетворение этих требований для продукции животноводства, особенно овцеводства и крупного рогатого скота. Более «чистой» получается продукция свиноводства и птицеводства, что объясняется двумя обстоятельствами: а) низкая доля или полное отсутствие в кормовых рационах компонентов, особенно сильно накапливающих радионуклиды, таких, например, как сено сеяных многолетних трав и естественных угодий; б) высокая скорость естественного выведения радионуклидов из организма свиней и птиц, достигаемая благодаря более высокой скорости обменных процессов в организме. Например, так называемый

эффективный период полувыведения  $^{137}\text{Cs}$  из организма взрослых особей крупного рогатого скота составлял 40–50 сут., свиней — 28–32 сут., кур — 20–30 сут. [1, 2].

В связи с этим птицеводство обособленно считается перспективным направлением для территорий, пострадавших в результате радиационных аварий.

Практически неизученным в этом направлении является производство перепелиных яиц и мяса, а также птиц, искусственно разводимых для охотничьих хозяйств, хотя на основании известных представлений об интенсивности обменных процессов [3] можно ожидать, что скорость выведения радионуклидных загрязнений из организма перепелов будет более высокой, чем из организма кур. Таким образом, увеличиваются возможности получения продукции, удовлет-

воряющей требованиям санитарно-гигиенических нормативов.

В связи с этим в задачу исследований входило изучение динамики содержания и скорости выведения  $^{137}\text{Cs}$  из организма перепелов, изменение содержания радионуклида в яйцах птиц, в отдельных органах и тканях, а также в помете в условиях разового суточного кормления птиц загрязненным кормом с последующей его заменой на чистый.

#### Объекты и методы исследования

В качестве объекта наблюдения использовали домашних японских перепелов (*Coturnix Coturnix japonica*) Эксперимент проводили с 5 птицами (1 самец и 4 самки), содержащимися в проволочной клетке. Кормушка была размещена вне клетки. Клетку устанавливали на поддон, в который собирали помет. Яйца выкатывались за пределы клетки благодаря наклону дна примерно на  $5^\circ$ .

В качестве основного использовали комбикорм для кур-несушек ПК-1.

Радиометрические измерения показали, что содержание  $^{137}\text{Cs}$  в используемой партии корма более чем на порядок ниже допустимых контрольных уровней ( $KU = 600 \text{ Бк/кг}$ ).

На протяжении эксперимента, продолжавшегося почти два месяца (25 февраля — 20 апреля 2009 г.), птицы периодически, кроме основного, получали измельченные морковь, листовую салат, творог.

В начале эксперимента была приготовлена суточная доза корма, загрязненного  $^{137}\text{Cs}$  путем многократного напыления раствора  $^{137}\text{CsCl}$ . Удельная активность загрязненного корма составила  $8,75 \cdot 10^6 \text{ Бк/кг}$ , что более чем на 4 (!) порядка превосходит допустимый уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в кормах. Птицы за сутки потребляли не весь загрязненный корм. Остаток был собран, измерена его общая активность и по разности была определена общая активность, погло-

щенная 5 птицами, которая составила 1,28 МБк. Спустя сутки птицы начали получать чистый корм.

В конце эксперимента, когда можно было оценить средневзвешенное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме птиц за весь период наблюдений, была сделана оценка величины поглощенной дозы, которую получили птицы. Она составила приблизительно 8 рад. При таких дозовых нагрузках каких-либо заметных соматических изменений в организме животных обычно не наблюдается [2]. Первые фиксируемые признаки изменений под действием облучения обнаруживаются при дозах 30–50 рад и проявляются в изменении состава крови.

Спустя сутки после начала скормливания загрязненного корма было достигнуто максимальное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме птиц. Поэтому с этого момента (26.02.2009 г.) начали ежедневно проводить прижизненные определения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в птицах, яйцах и в помете. Кроме того, периодически (3 срока) отдельных особей забивали и определяли содержание  $^{137}\text{Cs}$  в различных органах и тканях.

Прижизненное определение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в организме птиц осуществляли с помощью радиометра СРП-88 со сцинтилляционным детектором. Зонд устанавливали на высоте 20 см над клеткой. Измерения проводили при удаленном поддоне с пометом в 10-кратной повторности. Геометрические параметры измерений были выбраны удачно, поскольку свободное перемещение птиц внутри клетки не оказывало существенного влияния на результаты измерений: варьирование по 10 измерениям не превышало 2%. Однако существенным недостатком данной методики являлась очень низкая чувствительность измерений. Эффективность счета, измеренная с эталонными препаратами, оказалась равной 0,0042%. В связи с этим, как выяснилось в процессе эксперимен-

та, прижизненные измерения имело смысл проводить только первые 25 сут. В дальнейшем было уже невозможно получать статистически достоверные данные о содержании  $^{137}\text{Cs}$  в живых птицах. Поэтому в период с 14 сут. от начала эксперимента проводили периодический забой птиц (3 срока до 20.04.09), и содержание  $^{137}\text{Cs}$  в отдельных высушенных пробах тканей и органов определяли на у-спектрометре CompuGamma-1282 (LKB, Швеция). По этим данным рассчитывали общее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в забитой птице и удельную активность в Бк/кг каждого органа и отдельных тканей. Высокая чувствительность этих измерений позволяла оценивать содержание  $^{137}\text{Cs}$  в пробах значительно более низких, чем допустимые уровни для продуктов питания (СанПиН-01).

В этих единицах принято нормирование содержания радионуклидов в продуктах питания (СанПиН-01).

Исследование динамики содержания  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах осуществляли также по измерениям на у-спектрометре сырых взвешенных проб скорлупы, белка и желтка. На основании сделанных измерений рассчитывали удельную активность яиц в целом (в Бк/кг).

Динамику содержания  $^{137}\text{Cs}$  в помете изучали в высушенных стандартных пробах массой 30 г по (З-излучению на радиометре «Эксперт М» со счетчиком Гейгера-Мюллера СБТ-10. Эффективность счета, определенная по эталонным препаратам, составила 0,23%.

### Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 показана динамика прижизненного изменения относительного содержания  $^{137}\text{Cs}$  в расчете на 5 особей. Для проверки возможности использования экспоненциальной зависимости  $N_t = N_o \cdot e^{-\lambda t} = N_o \cdot e^{-0,693 \cdot t/T_{1/2}}$  (1) для описания скорости выведения радионуклида из организма птиц за данный пери-

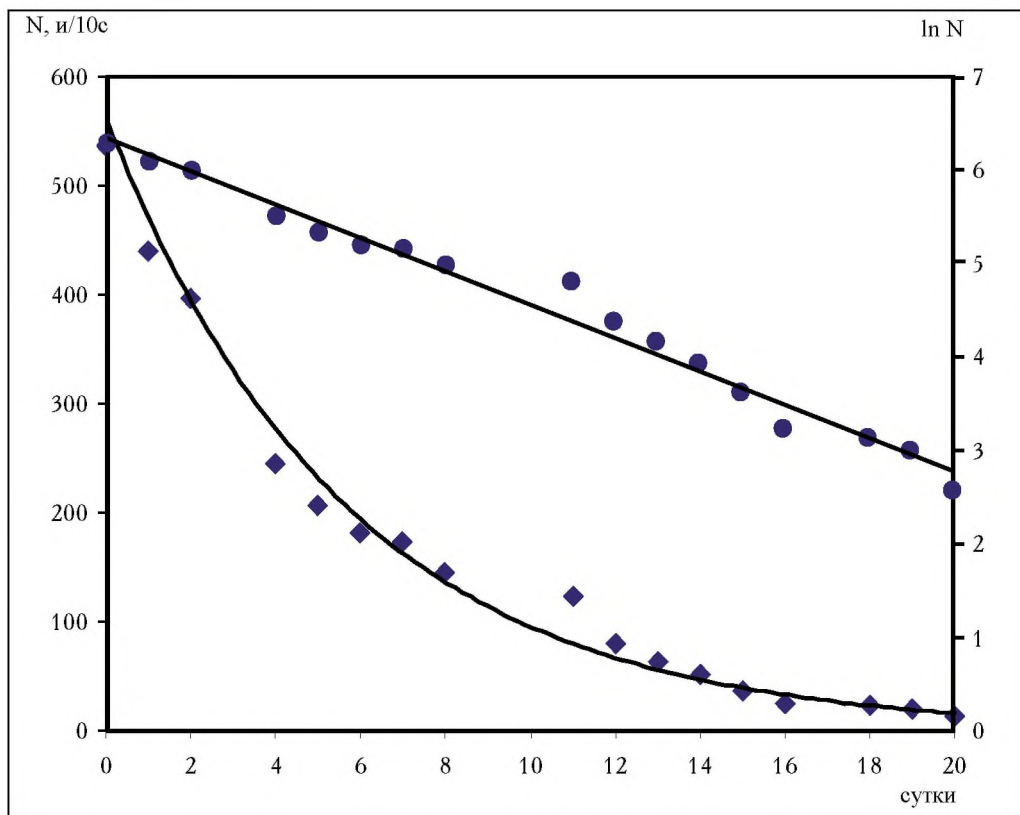
од (26.02-18.03) был построен график в полулогарифмическом масштабе  $\ln N = f(t)$ , линейность которого свидетельствует об экспоненциальном характере выведения  $^{137}\text{Cs}$ . Рассчитанное по двум произвольно выбранным точкам, лежащим на прямой, значение эффективного периода полувыведения радионуклида  $T_{эфф} = 0,693 \cdot \Delta t / \ln N_2 - \ln N_1$  (2) составило 3,9 сут. « 4 сут.

Следует отметить, что полученное значение свидетельствует о беспрецедентно высокой скорости выведения  $^{137}\text{Cs}$  из организма перепелов, что, очевидно, связано с исключительной интенсивностью метаболических процессов у этих птиц. За первые 20 сут. от начала наблюдения содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме перепелов снизилось приблизительно в 40 (!) раз (см. рис. 1). Однако, как это будет видно из представленных ниже данных, спустя первые 20 сут. от начала опыта концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в мясе птиц более чем в 100 раз будет превышать допустимые СанПиН-01 уровни (160 Бк/кг), а в начале опыта (26.02) — более чем в 7 тыс. (!) раз.

После первых 20 сут., когда прижизненные наблюдения перестали давать достоверные результаты, определение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в мышечных тканях и костях, как и в птицах в целом, стало возможным только после их забоя, препарирования органов и тканей и использования более чувствительной радиометрической техники.

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Дата последнего забоя (20.04) была выбрана на основании расчета, что значение  $T_{эфф}$  на последующих стадиях (после 20.03) не превысит 5 сут. В этом случае к 20.04 содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мясе птиц приблизится вплотную к допустимому уровню — 0,160 кБк/кг. Однако реально на 20.04 содержание  $^{137}\text{Cs}$  более чем в 5 раз превышало допустимый уровень. Это связано



**Рис. 1.** Прижизненная динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в пяти особях перепелов. Коэффициенты детерминации: для линейной регрессии  $R^2=0,98$ ; для экспоненциальной регрессии  $R^2=0,83$

Т а б л и ц а 1

**Динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в тушках птиц (мясо + кости) по результатам посмертных определений в тканях, кБк/кг**

Дата	Время от начала эксперимента, сут.	Удельная активность тушек, кБк/кг	Кратность превышения норматива (СанПиН)	Относительная активность тушки, % к начальному значению	$T_{эфф}$ по двум соседним точкам, сут.
26.02	0	1276*-1346**	7650	100	
12.03	14	119±15	746	9,75	
31.03	33	7,4±0,8	46,2	0,605	4,74±0,50
20.04	53	0,92±0,21	5,75	6,075	6,64±0,71
7.05***	70	0,16±0,04	1	0,013	6,64±0,55

\* Рассчитано по скорости счета 5 птиц (прижизненное измерение на 26.02), их массы и эффективности счета. При дальнейших расчетах величины  $T_{эфф}$  принималось данное начальное значение удельной активности

\*\* Расчетная величина, полученная на основании активности тушки на 12.03 (первый забой) и  $T_{эфф}$  рассчитанная по графику на рис. 1 (округлено до 4 сут.)

\*\*\* Прогнозная дата, на которую уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в тушках будет соответствовать нормативу СанПиН-01 (160 Бк/кг). Для расчета принято значение  $\Gamma_{эфф}$ , равное 6,64 сут.

с некоторым замедлением выведения  $^{137}\text{Cs}$  на заключительных стадиях почти 2-месячных наблюдений. Рассчитанное по двум последним точкам отбора проб (31.03 и 20.04) значение  $T_{эфф}$  составило 6,64 сут., т.е. скорость выведения радионуклида заметно снизилась, но все же оставалась исключительно высокой. Замедление скорости выведения радионуклида связано с тем, что последними выводятся наиболее «прочно» связанные в тканях и органах формы  $^{137}\text{Cs}$ .

Используя последнее значение  $T_{эфф}$  была рассчитана прогнозная дата снижения содержания  $^{137}\text{Cs}$  до допустимого уровня (7.05). Даже если допустить, что  $T_{эфф}$  возрастет до значений 10 сут., содержание  $^{137}\text{Cs}$  в птице к 15.05 будет на уровне, не превышающем требования СанПиН-01.

Проведенные измерения показывают, что за период 2-2,5 мес.  $^{137}\text{Cs}$  будет выведен из организма перепелов при переводе на чистые корма, даже если начальное содержание радионуклида в тканях более чем в 7 тыс. (!) раз будет превышать допустимый уровень. Однако такая ситуация практически маловероятна. Напом-

ним, что уровень загрязнения корма в нашем опыте на 4 порядка превышал допустимые значения для кормов. Реально на загрязненных территориях, где ведется с.-х. производство, загрязнение кормов не более чем в разы может превышать допустимые уровни. В этом случае для «очистки» мяса перепелов достаточно выдержать их на чистых кормах в течение времени, не превышающем 3—4 значений  $T_{эфф}$ , т.е. не более 3 недель. Месячное содержание на чистых кормах даст гарантированно чистую мясную продукцию.

Распределение  $^{137}\text{Cs}$  в органах и тканях птиц на 3 даты забоя показано в таблице 2. Представленные данные свидетельствуют, что в течение всего периода наблюдений наибольшая концентрация  $^{137}\text{Cs}$  наблюдается в мышцах. Только в начальный период (1-я дата забоя) приблизительно одинаковые концентрации обнаружены в мышцах и коже. В остальных органах и тканях во все сроки наблюдения концентрация  $^{137}\text{Cs}$  была, как минимум, в 3 раза ниже, чем в мышцах. Относительная концентрация  $^{137}\text{Cs}$  по срокам отмечается для кожи (сниже-

Таблица 2

Распределение  $^{137}\text{Cs}$  в органах и тканях птиц

Орган, ткань	Относительная концентрация $^{137}\text{Cs}$ в органах и тканях в % от содержания в органе с максимальной концентрацией			Содержание в мышцах, костях и коже в % от общего содержания в тушке		
	даты забоя					
	12.03	31.03	20.04	12.03	31.03	20.04
Мышцы	96,6	100	100	65,7	58,3	61,1
Кости	16,0	17,3	30,9	5,3	4,4	5,5
Кожа	100	43,6	6,2	11,9	4,1	3,4
Кровь	8,6	9,1	5,4	Итого 82,9	Итого 66,8	Итого 70,0
Печень	29,0	12,5	14,2	—	—	—
Сердце	10,7	28,3	—	—	—	—
Яичник	33,0	14,9	16,7	—	—	—
Желудок	19,2	22,7	—	—	—	—
Почки	4,3	—	—	—	—	—
Перья	3,9	—	—	—	—	—

Примечание. Отдельных измерений не проводили.

ние концентрации) и костей (возрастание концентрации). Последнее обстоятельство, возможно, играет роль в некотором замедлении скорости выведения  $^{137}\text{Cs}$  из организма птиц в целом. По остальным органам и тканям какой-либо закономерности не прослеживается, что, вероятно, связано с индивидуальными особенностями обменных процессов отдельных особей. Эти данные приведены ниже, в обсуждении результатов, полученных при определении концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах птиц.

Следует также отметить, что основная часть  $^{137}\text{Cs}$  — от 67 до 83% — сосредоточена в мышцах, костях и коже птиц. Остальные 17-33%, помимо органов и тканей, перечисленных в таблице 2, присутствуют еще и в лапах, голове, крыльях (эти данные не приведены).

Результаты определения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах отличаются большой пестротой. На рисунке 2 приведены полученные результаты за весь период наблюдений, из которых видно, что отмечались периоды, когда птицы не неслись по несколько дней, например, с 21 по 29 марта, а в отдельные сутки давали до четырех яиц, например, 19 марта. В этом случае содержание  $^{137}\text{Cs}$  в отдельных яйцах кладки различалось в 2-3 раза.

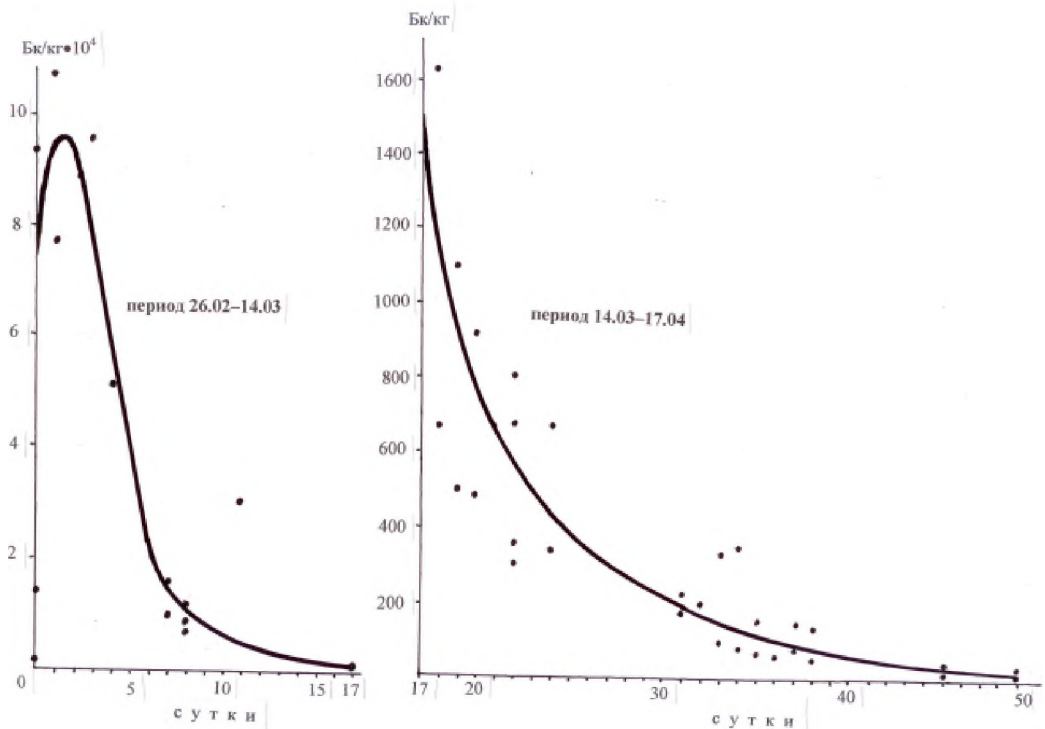
Первая кладка яиц (3 шт.) совпала с датой получения птицами загрязненного корма. На эту дату минимальный уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  (1180 Бк/кг) отличался от максимального (87230 Бк/кг) приблизительно в 80 (!) раз. По-видимому, это различие обусловлено различием во времени (в часах) от начала скармливания загрязненного корма до кладки яиц отдельными особями. В дальнейшем различия сглаживаются. Максимальные уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах достигаются уже на следующие сутки после дачи загрязненного корма. На эту дату уровень загрязнения приблизительно в 1100 раз превы-

шает допустимый (по СанПиН-01 — 80 Бк/кг). Напомним, что в мясе птиц на эту дату уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  был существенно выше и превышал допустимый (160 Бк/кг) приблизительно в 5000 раз.

На протяжении дальнейшего периода наблюдений содержание  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах было в 50-100 раз ниже, чем в мясе. Вероятно, это связано со специфичностью состава метаболитов, расходуемых на формирование компонентов яиц. Благодаря этому допустимый уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах достигается значительно быстрее, чем в мясе, приблизительно к 6-7 апреля, т.е. спустя 40 сут. от даты скармливания птицам загрязненного корма. В мясе содержание  $^{137}\text{Cs}$  на эту дату было приблизительно в 20 раз выше допустимого уровня.

В целом, скорость снижения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах приблизительно соответствует скорости снижения в мышечных тканях. Ввиду значительного разброса значений в яйцах от разных особей на одну дату кладки можно весьма приближенно оценить значения  $T_{эфф}$  для яиц. На рисунке 2 значения  $T_{эфф}$  уменьшались во времени и составляли: 2-3 сут. в первые 2 недели эксперимента; 4 сут. — за 3-ю неделю; 7 сут. — на 4-7-ю неделю эксперимента. Таким образом, более низкое содержание  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах по сравнению с мясом за весь период наблюдений обусловлено меньшим поступлением радионуклида в яйца по сравнению с мышечными тканями в короткий период скармливания загрязненного корма. Данное обстоятельство, вероятно, обусловлено более длительным метаболическим транспортом любых компонентов кормов в состав яиц по сравнению с мясом.

Поскольку содержание  $^{137}\text{Cs}$  во всех пробах яиц определяли отдельно для белка, желтка и скорлупы, имелась возможность проследить за динамикой соотношения  $^{137}\text{Cs}$  во всех



**Рис. 2.** Динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах перепелов. Коэффициент детерминации для экспоненциальной регрессии  $-R^2=0,82$ . Расчеты производили с момента падения концентрации радиоцезия от максимального значения

компонентах яйца. В таблице 3 приведены значения относительного содержания  $^{137}\text{Cs}$  в белке, желтке и скорлупе выборочно для 10 дат в период наблюдения. Суммарная активность на каждую дату принята за 100%. Данные свидетельствуют, что основная часть  $^{137}\text{Cs}$  от 55 до 75% находится в белке. В желтке и скорлупе содержание  $^{137}\text{Cs}$  варьирует более значительно: в желтке от 4 до 40%, в скорлупе — от 5 до 20% от общего содержания радионуклида в яйце.

Интерес представляет оценка не только общего содержания, но и концентрации радионуклида в каждом из компонентов яйца. Очевидно, что преобладание общего содержания  $^{137}\text{Cs}$  в белке связано и с преобладанием этого компонента по массе

Т а б л и ц а 3

**Динамика распределения  $^{137}\text{Cs}$  между белком, желтком и скорлупой, % от общей активности на каждый срок (за 100% принята сумма активностей белка, желтка и скорлупы на каждую дату)**

Дата	Белок	Желток	Скорлупа
25.02	75,6±8,3*	4, 4± 0,5	20,0±3,1
28.02	65,0±9,5	21,4±3,7	5,7±4,9
5.03	54,8±7,3	39,9±4,4	5, 3± 0,5
8.03	58,3±6,7	33,0±5,1	8,7±0,7
15.03	67,6±7,5	24,3±3,1	8,1±0,9
17.03	66,1 ±8,9	26,3±2,7	7, 6± 0,7
19.03	66,1 ±5,7	24,7±3,3	9,2±1,1
31.03	69,6± 10,3	21,4±2,5	9,1±0,8
4.04	66,1 ±8,7	20,9±2,7	13,0±1,4
17.04	60,7±6,5	19,7±2,3	19,6±1,7

\* Математические критерии даны по аналитическим повторностям

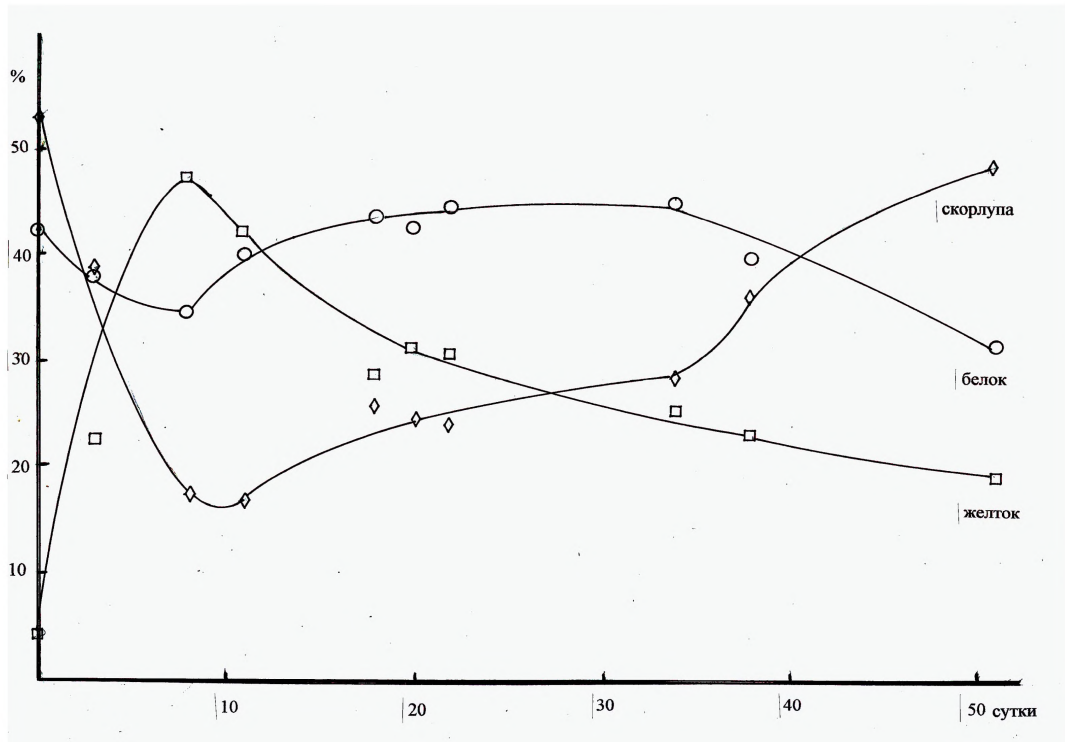


Рис. 3. Изменение относительной концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в белке, желтке и скорлупе яиц перепелов

(в среднем около 57%), тогда как на долю желтка и скорлупы приходится соответственно в среднем, 31 и 12% от общей массы яйца.

Поскольку концентрация  $^{137}\text{Cs}$  быстро менялась во времени во всех компонентах яйца, для оценки динамики соотношения концентраций результаты на рисунке 3 представлены в относительных единицах: за 100% принята сумма концентраций для каждой даты отбора.

Данные (см. рис. 3) свидетельствуют, что концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в белке не всегда является максимальной, но она наиболее стабильна во времени (35-45%). За тот же период концентрация в желтке и скорлупе меняется очень существенно. Различия между максимальными и минимальными значениями составляют: в желтке — более чем в 10 раз, в

скорлупе более чем в 3 раза. При этом кривые, характеризующие динамику концентраций в желтке и скорлупе, по абсциссе являются почти зеркальным отражением. В желтке, начиная с момента скармливания загрязненного корма, концентрация резко возрастает, на восьмые сутки достигает максимума, затем плавно снижается. В скорлупе, наоборот, максимальная концентрация отмечается на дату скармливания загрязненного корма, затем она снижается, и спустя 8 сут. начинается плавное возрастание концентрации. Такой ход кривых едва ли можно объяснить случайной вариабельностью результатов. Вероятно, он связан с особенностями метаболизма при формировании яиц у перепелок и использованием различных физиологических пулов при формировании белка, желтка и скорлупы.



**Изменение концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в сухом помете  
и соотношении удельных активностей помета и двух видов продукции**

Дата	Помет (абсолютно сухой)		Соотношение удельных активностей сухого помета и сырого продукта	
	масса, г	удельная активность, кБк/кг	мясо	яйца
12.03	86,4	556,5	4,7	210-640*
31.03	79,7	24,75	3,34	70-270
20.04	92,1	4,83	4,81	190-690**

\* Расчет на 14 марта; \*\* Расчет на 17 апреля.

Определение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в помете птиц показало, что в первые 3-5 сут. наблюдений активность помета снижалась в 4-5 раз быстрее, чем активность мяса и яиц. Это связано с тем, что в первые дни после поглощения птицами загрязненного корма значительная часть его выводится, не усвоенная в ЖКТ птицы.

Затем в течение месяца скорость выведения  $^{137}\text{Cs}$  с пометом существенно замедляется, время снижения активности в 2 раза составляет 4 сут., т.е. приблизительно соответствует скорости выведения из тушек птиц. Последние 20 сут. скорость снижения активности  $^{137}\text{Cs}$  в помете еще более замедляется. Период половинного снижения активности увеличивается примерно вдвое.

Представляет интерес изучение возможности хотя бы приближенной оценки содержания  $^{137}\text{Cs}$  в мясе и яйцах по активности помета. Для этой цели были рассчитаны соотношения удельных активностей (концентраций)  $^{137}\text{Cs}$  в помете и в двух видах продукции — мясе и яйцах. Расчет был выполнен для трех сроков забоя птицы, когда концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в мясе была определена наиболее точно. Однако 12 марта и 20 апреля птицы яиц не снесли, поэтому для яиц расчеты выполнены на 14 марта и 17 апреля. Разброс значений для яиц объясняется разной активностью особей на соответствующие даты.

Полученные результаты свидетельствуют, что приближенная оценка содержания  $^{137}\text{Cs}$  в продукции перепелов по концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в помете в принципе возможна, особенно по мясу. Ошибка в оценке в этом случае будет составлять приблизительно 30%.

Для возможности определения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах по радиоактивности помета требуются дополнительные исследования, в которых активность яиц и помета будет определяться раздельно для каждой особи, поскольку значительный разброс по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах, скорее всего, связан с индивидуальными отклонениями отдельных особей от средних значений по поступлению в их организм загрязненного корма или индивидуальными особенностями метаболизма.

#### Выводы

1. Цезий-137, поступивший в организм перепелов в составе корма, исключительно быстро выводится при переводе птиц на чистые корма. В первые 2 недели эффективный период полувыведения ( $T_{эфф}$ ) составил приблизительно 4 сут. Затем скорость выведения снижалась, но не очень значительно. За последние 3 недели 2-месячных наблюдений  $T_{эфф}$  составил 6,6 сут. Таким образом, если уровень загрязнения тушек будет превышать допустимый на 3 порядка (маловероятный случай),

то при переводе на чистые корма допустимый уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в тушках (160 Бк/кг) будет достигнут за 2 мес. Если же исходное содержание  $^{137}\text{Cs}$  превысит допустимый уровень в 10 раз (более вероятный случай), то 1 мес. содержания на чистых кормах будет достаточно для достижения действующих нормативов.

2. Наиболее высокая концентрация  $^{137}\text{Cs}$  обнаруживается в мышечных тканях. В остальных органах и тканях (кости, кровь, печень, почки, яичник, желудок и др.) концентрация  $^{137}\text{Cs}$  была в 3 раза и более ниже, чем в мышцах. Обнаружено замедленное выведение  $^{137}\text{Cs}$  из костных тканей.

3. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах за весь период наблюдения было в 50—100 раз ниже, чем в мясе, что обусловило более быстрое достижение допустимого уровня содержания радионуклида в яйцах — 35-40 сут. от начала наблюдений. При этом значения  $T_{\text{эфф}}$  для яиц были близки к соответствующему показателю для мяса и составили 2-3 сут. в первые 2 недели и 7 сут. в последние

4 недели наблюдений. Из этого следует, что пониженная концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в яйцах в условиях данного эксперимента обусловлены изначально более низким уровнем поступления радионуклида в яйца по сравнению с мышечными тканями, что связано с более длительным и сложным метаболическим путем поступления компонентов корма в яйца. Основная часть  $^{137}\text{Cs}$  от 55 до 75% находилась в белке. В желтке и скорлупе содержание  $^{137}\text{Cs}$  варьировало более значительно: в желтке от 4 до 40%, в скорлупе от 5 до 20% от общего содержания радионуклида в яйце.

4. Сопоставление динамики  $^{137}\text{Cs}$  в мясе, яйцах и помёте птиц свидетельствует о возможности приближенной оценки содержания  $^{137}\text{Cs}$  в мясе по содержанию радионуклида в помёте. На протяжении всего эксперимента концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в помёте была в 3~5 раз выше, чем в мясе. Оценка концентрации радионуклидов в яйцах более проблематична ввиду очень широкого разброса содержания в них  $^{137}\text{Cs}$ .

#### Библиографический список

1. Анненков Б.Н. Радиационные катастрофы: последствия и контрмеры в сельском хозяйстве М.: Санэпидмедиа, 2008.
2. Фокин А.Д., Лурье А.А., Торшин С.П. Сельскохозяйственная радиология. М.: Дрофа, 2005.
3. Bardos L., Kiss Z., Oppel K., Pusztai A., Szabo C. Some aspects of retinoid metabolism in poultry (chicken and Japanese quail). Bull. Univ. Agr. Sci. // Godollo, 1995. 1995/1996. Vol. 1. P. 123-135.

Рецензент — д. б. н Ю.Н. Шамберев

#### SUMMARY

Experiment carried out with quails, fed one-time daily on contaminated by caesium-137 feed, proves that the radionuclide disappears very quickly in a quail organism, quails being fed on uncontaminated feeds. Within the first 2 weeks the effective period of half-elimination lasts for 4 days. The highest  $^{137}\text{Cs}$  concentration is found in muscular tissues. In other organs and tissues  $^{137}\text{Cs}$  concentration was three times as less.  $^{137}\text{Cs}$  content in eggs is 50-100 times lower than in meat. Major part of  $^{137}\text{Cs}$  (55%-75%) is found in whites, less (4%-40%) in yolks, 5%-20% in an eggshell, from general radionuclide content in an egg.

*Key words:* quails, Caesium 137, contaminated with radionuclides, effective period of half-elimination.

Фокин Алексей Дмитриевич — д. б. н. Тел. 976-40-24.

Афанасьев Григорий Дмитриевич — д. с.-х. н. Тел. 976-02-36.

Торшин Сергей Порфирьевич — д. б. н. Эл. почта: sptorshin@rambler.ru

Журавлева Ольга Станиславовна — Тел. 976-40-24.