

Грабар І.Г., доктор технічних наук
Романчук Л.Д., доктор с.-г. наук
Трембіцька О.І., кандидат с.-г. наук
Житомирський національний агроекологічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ КІНЕТИКИ НАКОПИЧЕННЯ ^{137}Cs В ОРГАНАХ ТА ТКАНИНАХ СВИНЕЙ

В статті представлено результати експериментальних досліджень по накопиченню ^{137}Cs в тканинах та органах свиней та моделювання кінетики його накопичення в організмі.

Ключові слова: ^{137}Cs , органи та тканини свиней, концентрація, «забруднені» корми.

Сьогодні, на пізній стадії після аварії на Чорнобильській АЕС, основним дозоутворюючим радіонуклідом був і залишається ^{137}Cs . Вклад у сумарну дозу опромінення ^{90}Sr в середньому становить кілька відсотків, а плутонію та америцію – частки процента [2, 4].

Важливе значення при оцінці впливу рівнів забруднення на формування доз опромінення має тип ґрунту для визначення коефіцієнтів переходу радіонуклідів та особливості накопичення радіонуклідів рослинами і в подальшого надходження їх до організму тварини та людини [1, 3].

Для довгострокової оцінки радіаційного забруднення організму тварин та людей необхідно враховувати фізико-хімічні особливості радіонуклідів. Біологічний період напіввиведення цезію з організму від 40 до 200 діб, дітей від 10 до 50 діб. Вміст цезію в організмі тварин та людей залежить від структури харчового раціону та ступені забруднення його компонентів. Так як свиней часто використовують як біологічну модель людини, метою наших досліджень було дослідити накопичення ^{137}Cs в різних органах та тканинах свиней та визначити коефіцієнти переходу ^{137}Cs від корму до їх тканин та органів [5].

Матеріали та методи досліджень. Для того, щоб дослідити накопичення ^{137}Cs в організмі свиней після радіоактивного забруднення територій був проведений експеримент по відгодівлі свиней протягом 45 днів в 2-ій зоні радіоактивного забруднення.

З цією метою 13 свиней були завезені з незабруднених територій Південної України. Було встановлено, що тварини не хворіли і не мали фізіологічних відхилень. На фермі біля Житомира вони адаптовувались впродовж 60 днів до проведення експерименту і отримували фіксований раціон з постійною кількістю і складом. Після

періоду адаптації свині були привезені на приватну ферму в с. Христинівка Народицького району (2-га зона) де утримувались в окремих боксах. Свині щоденно отримували корм із складових, які точно відповідали щоденному харчуванню жителів 2-ої зони радіоактивного забруднення. Вони отримували корми забруднені радіонуклідами з сільськогосподарських та напівприродних джерел.

Перед початком експерименту 3 свині було забито, щоб визначити початкову концентрацію ^{137}Cs в окремих органах та тканинах. Відгодівля решти тварин продовжувалась без зміни в поєднанні «забруднених» та «чистих» кормів.

Окремі свині забивались з 15 дня по 45- день з інтервалом 15 днів після першого контрольного забою для того, щоб визначити збільшення концентрації ^{137}Cs в організмі свиней.

Після того, як свині були забиті, для аналізу були взяті різні тканини та органи, їх зважили, перемололи на м'ясорубці Wolf King, заморозили та розтовкли так, щоб отримати однорідні проби для проведення гамма-спектрометричного аналізу.

Радіоактивність зразків вимірювали в Центрі радіаційного захисту та радіоекології Ганноверського університету (Німеччина) на напівпровідникових германійових детекторах високої точності. Для вимірювань зразків використовували геометрії Марінееллі та циліндричні контейнери 0,5-л. Прилади калібрували по енергії та ефективності реєстрації. Використовувались змішані радіонуклідні стандарти (еталони) та новітні технології АЕА. Розрахунки активності радіонуклідів в зразках проводились за допомогою матриць. Вимірювання зразків тривало від 2 до 16 годин.

Результати досліджень. Годівлю забрудненими кормами здійснювали двічі на день однаковими порціями у вареному вигляді. А так як свині поїдають кормів значно більше ніж доросла людина їжі, то в третю годівлю давали «чистий» корм, який складався з 4 кг вареної картоплі і 1 кг концентрованих кормів.

На початку експерименту свині важили в середньому 50-55 кг віком 80-85 днів. Питома радіоактивність кормів представлена в табл. 1.

Таблиця 1. Питома радіоактивність кормів

Корм	кг корму на добу	Питома активність 1 кг корму	Щоденне споживання ^{137}Cs Бк/добу
«Забрудненні»	2,9	$726 \pm 1,6$	2098
«Чисті»	5	$6,7 \pm 1,9$	33,4
Всього			2131,4

В середньому доза радіоцезію яку щоденно споживала кожна свиня становила 2131,4 Бк/добу.

Встановлено, що після згодовування тваринам «забруднених» кормів вміст ^{137}Cs в організмі свиней значно підвищився. Через 15 діб найвищим він був в нирках - 435,0 Бк/кг, серці - 300,3 Бк/кг, шлунку - 267,3 Бк/кг та м'язах спини - 260,2 Бк/кг, а найнижча в крові - 62,6, шкірі 104,9 та кістках 110,97 Бк/кг, відповідно. Питому активність ^{137}Cs , Бк/кг в органах свиней визначали також через 30 та 45 діб. Так, через 30 діб активність радіонуклідів в організмі свиней продовжували зростати і в нирках досягнула до 528,3 Бк/кг, м'язах лопатки - 472,7, м'язах шиї - 472,7, м'язах спини - 456,7, шлунку - 366,1 Бк/кг. Найменший вміст ^{137}Cs був в крові 93,4 Бк/кг та щитоподібній залозі 94,0 Бк/кг. Після 45 діб експерименту темпи зростання його вмісту в деякій мірі знизилась, проте

як і у попередні періоди дослідження найвищим був у нирках - 565 Бк /кг та у м'язах в середньому складав 516 Бк/кг.

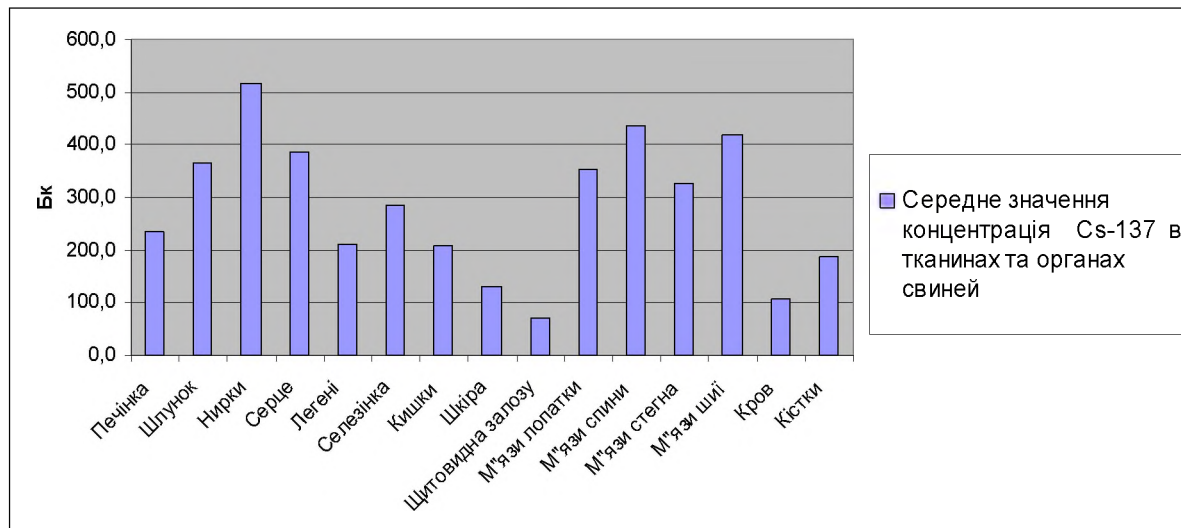


Рис.1. Середні значення вмісту ^{137}Cs в тканинах та органах свиней.

Аналізуючи результати досліджень з накопичення ^{137}Cs в організмі свиней за весь період дослідження (рис.1), слід відмітити, що найвищим його вмістом характеризуються нирки та всі м'язи свиней, найменше накопичення спостерігали в шкірі, крові та кістках.

Запропонована кінетична модель дозволяє з єдиних позицій описати процес накопичення ^{137}Cs для кожного з вказаних органів. Нехай $\frac{C_t}{C_\infty} = y$ - функція

накопичення ^{137}Cs в органах свиней. За результатами досліджень показано, що функція накопичення добре описується лінійним диференціальним рівнянням першого порядку:
$$\frac{dy}{dt} = \alpha(y_{\max} - y) \quad (1)$$

З формули (1) випливає, що швидкість зростання функції накопичення пропорційна різниці її максимального і поточного значення. Для нашої задачі $y \in [0 \dots 1]$, звідки $y_{\max} = 1$. Тоді із (1) слідує:

$$\int \frac{d(1-y)}{1-y} = -\int \alpha dt \quad (2)$$

$$\text{Звідки: } y = \frac{C_t}{C_\infty} = 1 - e^{-\alpha t} \quad (3)$$

Часто в (3) буває зручно параметр α задавати через півперіод накопичення:

$$\frac{C_t}{C_\infty} = 1 - e^{-\alpha * T_{1/2}} = \frac{1}{2}$$

$$\text{Звідки: } \alpha = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}}$$

$$\text{Тоді: } y = \frac{C_t}{C_\infty} = 1 - 2^{-\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}} = 1 - 2^{-n} \quad (4)$$

В таблиці 1 наведені значення функції накопичення у відносних координатах:

У таблиці 2 наведені теоретичні (за єдиним кінетичним рівнянням (4)) та експериментальні значення питомої активності ^{137}Cs в органах свиней.

Таблиця 2. Значення питомої активності ^{137}Cs

$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$	0	1	2	3	4	5
$y = \frac{C_t}{C_\infty} = 1 - 2^{-n}$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{31}{32}$

Як слідує з таблиці 3, розраховані значення питомої активності ^{137}Cs в органах свиней після 15, 30 та 45 діб відгодівлі їх на «забруднених» кормах добре співпадають з експериментальними значеннями, що підтверджує єдину природу функції накопичення і можливість описання процесу кінетики функції накопичення єдиним рівнянням (4) у відносних координатах.

Таблиця 3. Питома активність ^{137}Cs , Бк/кг в органах свиней (чисельник – розрахунок за (4), знаменник - експеримент) після 15, 30 та 45 діб відгодівлі на «забруднених» кормах

	Легені	Кишеч- ник	Кістки	Кров	Селе- зінка	Серце	Нирки	М'язи
C_∞ , Бк/кг	236	245	266	280	318	471	560	565
$T_{\frac{1}{2}}$, діб	6,7	6,8	14,9	42	6,8	9,8	5,5	10,2
C_{15} , Бк/кг	$\frac{186}{160}$	$\frac{184}{178}$	$\frac{134}{111}$	$\frac{61}{63}$	$\frac{249}{235}$	$\frac{308}{300}$	$\frac{475}{435}$	$\frac{361}{260}$
C_{30} , Бк/кг	$\frac{225}{239}$	$\frac{223}{227}$	$\frac{200}{200}$	$\frac{109}{93}$	$\frac{303}{278}$	$\frac{415}{363}$	$\frac{547}{528}$	$\frac{491}{456}$
C_{45} , Бк/кг	$\frac{234}{222}$	$\frac{233}{237}$	$\frac{232}{230}$	$\frac{147}{147}$	$\frac{315}{322}$	$\frac{451}{467}$	$\frac{558}{565}$	$\frac{538}{548}$

Висновки. 1. За результатами досліджень встановлено, що кінетика накопичення ^{137}Cs для окремих органів та тканин свиней при утриманні на «забруднених» кормах має свої особливості.

2. Показано, що кінетика накопичення задовільно описується лінійними диференційними рівняннями першого порядку.

3. Обробка експериментальних даних показала, що кінетичні рівняння накопичення ^{137}Cs в різних органах та тканинах свиней подібні і у відносних координатах можуть бути описані єдиним алгебраїчним рівнянням (4).

Література

1. Концепція ведення агропромислового виробництва на забруднених територіях та їх комплексної реабілітації на період 2000-2010 рр. / Під ред. Прістера Б.С. – К., 2000. – 48с
2. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия воздействия ионизирующих излучений. – М.: Медицина, 1991. – 464 с.
3. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде, Радиозекология после Чернобыля: Пер с англ. / Под ред. Ф. Уорнера и Р. Харрисона – М.: Мир, 1999. – 512с.
4. Feiden F. Untersuchungen zum transfer von ^{134}Cs und ^{137}Cs aus fall-out kontaminiertem Putter in Damwild und Angor-rakaninchen und zur biologischen Halbwertszeit des Radio-casium mittels der Gan/,korpergammasspektrometrie. Justus Liebig-Universitat Gie/3en; 1989. Dissertation (in German).
5. Melo DR, Lipsztein JL, Oliveira CAN, Lundgren DL, Muggen-burg BA, Guilmette R. A biokinetic model for ^{137}Cs . Health Phys 73:320-337; 1997.

Summary

THE SIMULATION OF THE KINETICS OF ^{137}CS ACCUMULATION IN THE ORGANS AND TISSUES OF PIGS / Grabar I., Romanchuck L., Trembitska O.

The paper presents the results of the investigation into the experimental research related to ^{137}Cs accumulation in the tissues and organs of pigs, as well as into the kinetics of its accumulation in the body.