

УДК 631.432:504.53.054:338.24

*С.Н. Лекунович***ЗАВИСИМОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ Cs-137 ЗЕЛЕННОЙ МАССОЙ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ОТ ВОДНОГО РЕЖИМА КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ПОЧВЫ**

Накопление радионуклидов растениями зависит от многих факторов и условий. При этом основными регулируемыми факторами в течение вегетационного периода являются водный режим и агрохимические свойства почвы.

В применяемой в настоящее время системе мер по снижению загрязнения радионуклидами сельскохозяйственной продукции фактор водного режима недостаточно учтен в силу малочисленности и ограниченности разработок вопросов в этом направлении.

Научные исследования, выполненные авторами [1, 2], выявили существование некоторой пропорциональности между поглощением корневыми системами влаги и накоплением растениями радионуклидов, что позволило сделать вывод о возможности управления загрязнением сельскохозяйственной продукции путем регулирования водного режима почвы. В работах [3, 4] установлено, что интенсивность поступления радионуклидов в растения (R) из единицы объема почвы на глубине z пропорциональна содержанию в ней радионуклида (S) и величине поглощения из нее влаги корнями растения (W_k):

$$R = \mu S(z) W_k,$$

где μ – коэффициент эффективного поглощения радионуклида, зависящий от вида растения, положения уровней грунтовых вод, типа почвы и концентрации в ней элемента – аналога радионуклида.

В свою очередь, поглощение влаги корнями растений из единицы объема почвы на глубине z зависит от распределения по глубине влажности почвы и массы корней.

Накопление радионуклидов следует рассматривать как процесс, состоящий из перемещения их в почве к поверхности корней, из поглощения корнями, передвижения по стеблю, из участия в химических реакциях и частичного их вывода из растения. Перечисленные этапы общего процесса чрезвычайно сложны, и во многом их физиологическая сущность к настоящему времени недостаточно известна. Поэтому дальнейшее изучение данного процесса невозможно без использования математической модели. Для этого разработана теоретическая модель, в которой учтены основные составляющие процесса накопления радионуклидов в условиях изменяющегося водного режима почв. Практическая значимость данной модели заключается в том, что она позволит сделать прогнозные расчеты накопления радионуклидов в зеленой массе трав в зависимости от изменения водного режима.

Для описания накопления радионуклидов зелёной массой трав принята следующая математическая модель:

$$R = \frac{1}{M} \mu S_{\Delta z} E_{\Delta t} \frac{\sum_0^{h_n} (\theta^3_{\Delta z, \Delta t} m_{\Delta z} \Delta z)}{\sum_0^{h_k} (\theta^3_{\Delta z, \Delta t} m_{\Delta z} \Delta z)}, \text{ Бк/кг}, \quad (1)$$

где R – активность загрязнения радионуклидами зелёной массы многолетних трав, Бк/кг;

M – биологическая масса растений, кг/м²;

μ – коэффициент эффективного поглощения радионуклида, кг/л;

$S_{\Delta z}$ – содержание радионуклидов в весовой единице сухого вещества пахотного слоя почвы, Δz кБк/кг;

$E_{\Delta t}$ – транспирация влаги культурой за время Δt ; л/м²;

h_n – мощность пахотного слоя почвы, м;

h_k – мощность корнеобитаемого слоя, м;

$\theta_{\Delta z, \Delta t}$ – относительная влажность слоя почвы Δz на промежутке времени Δt ;

$m_{\Delta z}$ – содержание массы корней в слое Δz ; %/м;

Δz – мощность расчетных слоёв почвы, м.

Для определения параметров расчетной зависимости использованы материалы исследований, проводимых в полевых условиях на экспериментальных площадках мелиоративной системы «Козицкое» Пинского района Брестской области.

Биологическая масса растений определяется уравнением:

$$M = M_o K_m, \quad (2)$$

где M_o – планируемый урожай в конкретных условиях при оптимальной влажности почвы, кг/м²;

K_m – коэффициент нарастания массы растений в n -ю декаду от начала вегетации.

Коэффициент K_m определяется по табл. 1, полученной по материалам двухлетних наблюдений на опытных площадках в течение вегетационных периодов 2004–2005 годов, значения которого не противоречат литературным данным [5].

Таблица 1

**Модульные коэффициенты биологической кривой нарастания массы трав
(средние для разнотравья) при сенокосном использовании (K_m)**

Укос	Декады вегетации (n)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,15	0,36	0,48	0,76	0,88	0,96	1,0	
2	0,3	0,35	0,50	0,75	0,80	0,94	0,96	1,0

Значения μ коэффициента эффективного поглощения радионуклида для разных типов почв и сельскохозяйственных культур различны. В данных конкретных условиях μ описывается зависимостью

$$\mu = 0,000025 UGB^{2,19}. \quad (3)$$

Содержание радионуклидов $S_{\Delta z}$ в весовой единице сухого вещества почвы слоя Δz определяется по формуле:

$$S_{\Delta z} = \frac{P_{\Delta z}}{h_n * \gamma_o} \text{ кБк/кг}, \quad (4)$$

где $P_{\Delta z}$ – плотность загрязнения радионуклидами слоя Δz , кБк/м²;

h_n – мощность пахотного слоя почвы, м;

γ_o – объёмная масса сухого вещества почвы (для торфа $\gamma_o = 175 \text{ кг/м}^3$). [6]

Транспирация $E_{\Delta t}$ влаги травами по декадам (промежуткам времени Δt) определяется как:

$$E_{\Delta t} = E_o \text{ л/м}^2, \quad (5)$$

где E_o – суммарное испарение, мм, (принимается по табл. 2), полученное из рассчитанных величин за период 1945–1986 годы, по данным [7].

Таблица 2

Испаряемость (E₀) многолетними травами, мм

Месяцы	Декады	Средние многолетние значения	Влажные годы (P = 10%)	Засушливые годы (P = 90%)
Апрель	1	12	11	13
	2	16	17	17
	3	22	19	23
Май	1	28	24	31
	2	36	27	46
	3	38	36	41
Июнь	1	48	42	52
	2	49	39	62
	3	32	31	33
Июль	1	31	25	33
	2	36	32	37
	3	47	43	52
Август	1	40	34	46
	2	35	28	39
	3	31	29	33
Сентябрь	1	18	26	21
	2	15	13	16
	3	12	10	12
Октябрь	1	8	8	9
	2	7	6	8
	3	6	5	6

Относительная влажность θ слоя Δz почвы в течение времени Δt определяется уравнением:

$$\theta_{\Delta z, \Delta t} = \frac{W - W_o}{W_n - W_o}, \tag{6}$$

где W – влажность слоя Δz в течение времени Δt , л/м³ (таблица 3);

W_o – влажность завядания л/м³;

W_n – влажность, соответствующая полной влагоёмкости почвы, л/м³.

Таблица 3

Распределение влажности почвы (W л/м³) при различных уровнях грунтовых вод

Культура	Расчётный слой Δz , м	Влажность слоя почвы W в зависимости от УГВ						Полн. влагоёмкость расч. слоя	Влагоёмкость завядания
		0,5 м	0,6 м	0,7 м	0,8 м	0,9 м	1,0 м		
Многолетние травы	0-0,1	360	340	325	310	300	290	550	100
	0,1-0,2	390	360	345	330	320	310	550	100
	0,2-0,3	380	320	315	290	260	235	550	100
	0,3-0,4	405	304	260	230	205	175	540	95
	0,4-0,5	500	255	200	175	173	170	510	90
	0,5-0,6		315	240	220	195	170	400	55
	0,6-0,7			310	245	240	205	340	30
	0,7-0,8				310	280	245	340	30
	0,8-0,9					300	255	340	30
	0,9-1,0						300	340	30

Влажность почвы (таблица 3) получена по экспериментальным данным площадок «Перехрестье», «Ольманы», «Б. Диковичи» путем осреднения значений проб, отобранных при одинаковом положении УГВ.

Особенностью изменения влажности данной почвы по глубине является неоднородность почвенного состава. Верхний слой (0–20 см) представлен древесно-осоковым торфом 30% разложённости. Ниже 20 см минерализация торфа увеличивается и на глубине 40–50 см начинается песок. Поэтому влажность, соответствующая полной влагоёмкости почвы W_n верхнего корнеобитаемого слоя 0–20 см, определена экспериментальным путем и принята 550 л/м^3 . Полная влагоёмкость песка и влажность завядания принята по литературным источникам [5, 6].

Содержание массы корней в единичном слое почвы (таблица 4) получено экспериментальным путем на опытной площадке № 1 мелиоративной системы «Козицкое», участок Перехрестье. Полученные нами данные практически совпадают с данными, представленными ранее в работах других ученых [5, 8].

Таблица 4

**Относительное содержание корней
в единице мощности корнеобитаемого слоя m (%/м) на торфяной почве**

Культура	Расчётный слой Δz , м	Относительное содержание корней m при среднем уровне грунтовых вод					
		0,5 м	0,6 м	0,7 м	0,8 м	0,9 м	1,0 м
Многолетние травы (сенокос)	0–0,1	68,0	60,1	51,5	45,8	39,3	31,4
	0,1–0,2	25,0	28,2	33,3	30,9	30,4	33,6
	0,2–0,3	4,7	7,3	8,3	15,6	21,1	24,2
	0,3–0,4	1,8	2,9	3,4	4,4	5,2	5,8
	0,4–0,5	0,5	1,3	2,8	1,6	1,9	2,3
	0,5–0,6		0,2	0,5	0,9	1,1	1,0
	0,6–0,7			0,2	0,6	0,5	0,9
	0,7–0,8				0,2	0,3	0,5
	0,8–0,9					0,2	0,3
	0,9–1,0						

Расчеты по данной модели позволяют выполнить определения загрязнения зеленой массы многолетних трав, исходя из планируемой урожайности для любого промежутка вегетационного периода. Ошибка выполненных проверочных расчетов по принятой модели (рис. 1) составила $\pm 30\%$, что соответствует точности определения накопления радионуклидов прибором.

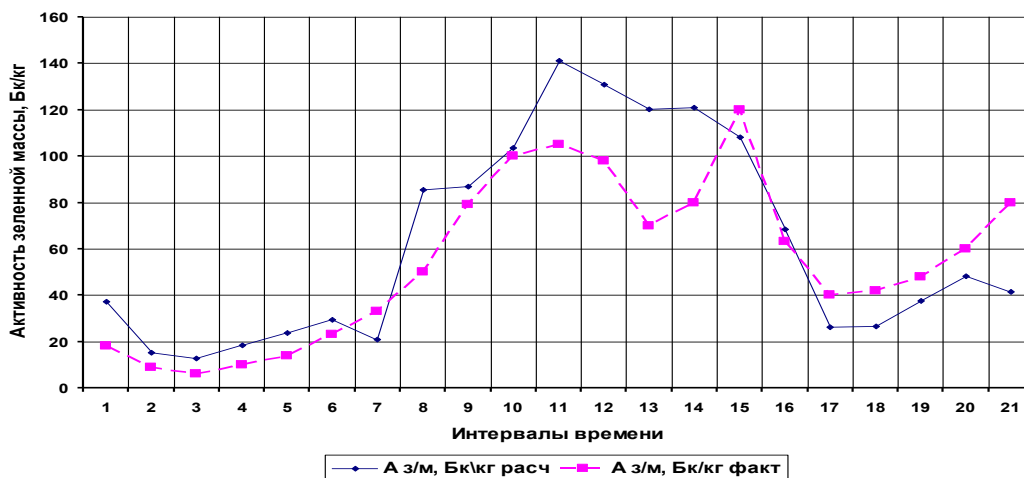


Рис. 1. Изменение фактически измеренных и рассчитанных величин активности зеленой массы травы.

Літэратура

1. Афанасик, Г.И. Влияние водного режима почвы на интенсивность поступления радионуклидов в растительную продукцию. Мелиорация переувлажненных земель: сб. научных работ / Г.И. Афанасик. – Минск: БелНИИМиЛ, 1995. – Том XLII. – С. 22–44.
2. Шабан, Н.С. Влажность торфяных почв и поглощение питательных веществ растениями / Н.С. Шабан, Г.И. Афанасик, В.Н. Пятницкий // Почвоведение. – 1975. – № 7. – С. 101–106.
3. Афанасик, Г.И. Пути снижения загрязнённости сельскохозяйственной продукции радионуклидами на мелиорированных землях / Г.И. Афанасик, А.С. Судас, Э.Н. Шкутов // НТИ, Мелиорация и водное хозяйство. – Минск, 1994. – С. 32.
4. Рекомендации по определению требуемого водного режима для минимизации накопления радионуклидов многолетними травами: утв. Комчernoбыль / под ред. А.С. Судаса [и др.]; Брестский филиал РНИУП «Институт радиологии». – Пинск, 2004. – 32 с.
5. Временные рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации мелиоративных систем на загрязнённых радионуклидами землях. – Минск: БелНИИМиЛ; Белгипроводхоз, 1995. – 98 с.
6. Финский, А.И. Исследование капиллярного подпитывания торфяной почвы / А.И. Финский // Сб. тр. – Минск: БелНИИМиВХ, 1970. – Т. XVIII. – С. 60–71.
7. Шебеко, В.Ф. Водохозяйственные расчеты при мелиорации переувлажненных земель / В.Ф. Шебеко. – Минск: БелНИИМиЛ, 2000. – 311 с.
8. Моисеев, А.А. Цезий-137 в биосфере / А.А. Моисеев, П.В. Рамзаев. – Атомиздат, 1975. – 182 с.

Summary

In article it is described mathematical model which allows to calculate and predict accumulation of ^{137}Cs in any interval of the vegetative period of perennial cereals. The executed verifying calculations on the given model have shown good convergence of the designed and measured sizes of accumulation ^{137}Cs in green weight of grasses.

Поступила в редакцию 21.11.05.