

Т Р И Б У Н А М О Л О Д О Г О У Ч Е Н О Г О

УДК 631.671.1: 632.118.3

ВОДНЫЙ РЕЖИМ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ПОЧВ – ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР НАКОПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ МНОГОЛЕТНИМИ ТРАВАМИ

С.Н. Лекунович, младший научный сотрудник
Брестский филиал РНИУП «Институт радиологии»

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 учитывается недостаточно 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, поглощения корнями, передвижения по стеблю, участия в химических реакциях и частичного вывода их 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 модели заключается в возможности получать 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_{Δz} – содержание радионуклидов в весовой единице сухого вещества пахотного слоя почвы Δz, кБк/кг;

E_{Δt} – транспирация влаги культурой за время Δt, л/м²;

h_n и h_k – мощность соответственно пахотного и корнеобитаемого слоев почвы, м;

θ_{Δz, Δt} – относительная влажность слоя почвы Δz на промежутке времени Δt;

m_{Δz} – содержание массы корней в слое Δz, %/м;

Δz – мощность расчетных слоев 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:

$$M = M_0 K_m, \quad (2)$$

где M₀ = планируемый урожай в конкретных условиях при оптимальной влажности почвы, кг/м².

K_m – коэффициент нарастания массы растений в n 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 гг., значения которого не противоречат литературным данным [6].

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

Для мелкозалежного торфяника установлена зависимость коэффициента μ от положения уровней грунтовых вод. Коэффициент μ рекомендуется определять по табл. 2.

Таблица 2. Коэффициент эффективного поглощения радионуклидов μ

УГВ, см											
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0,004	0,018	0,043	0,081	0,131	0,196	0,275	0,368	0,476	0,6	0,739	0,894

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

$$S_{\Delta z} = \frac{P_{\Delta z}}{h_n \cdot \gamma_0}, \text{ кБк / кг,} \quad (3)$$

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

h_n – мощность пахотного слоя почвы, м;

γ_0 – объемная масса сухого вещества почвы (для торфа $\gamma_0 = 175 \text{ кг/м}^3$) [5].

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

$$E_{\Delta t} = E_0, \text{ л/м}^2, \quad (4)$$

где E_0 – суммарное испарение, мм (принимается по табл. 3), полученное из рассчитанных величин за 1945-1986 гг. по данным [8].

Таблица 3. Испаряемость (E_0) многолетними травами, мм, по месяцам и декадам

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

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

$$\theta_{\Delta z, \Delta t} = \frac{W - W_0}{W_n - W_0}, \quad (5)$$

где W – влажность слоя Δz в течение времени Δt , л/м³ (табл. 4);

W_0 – влажность завядания л/м³;

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

Влажность почвы (табл. 3) получена по экспериментальным данным площадок

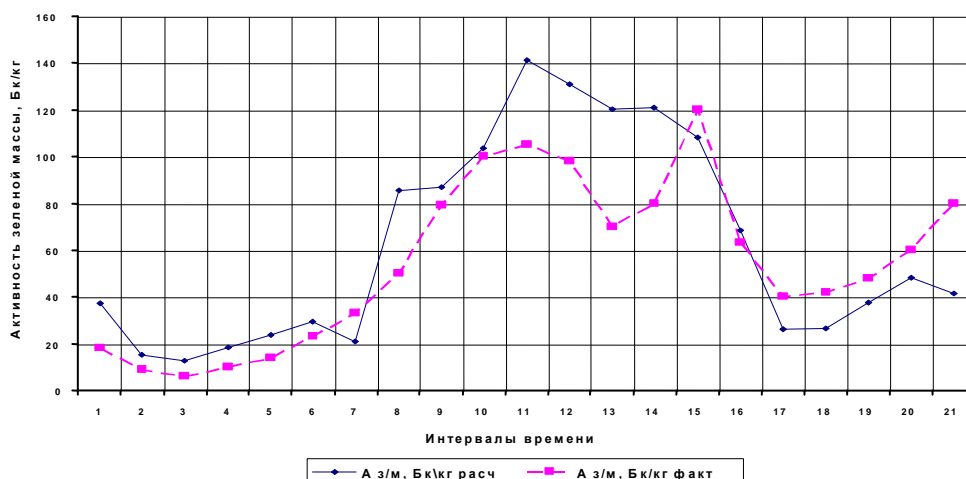
«Перехрестье», «Ольманы», «Б.Диковичи» путем осреднения значений проб, отобранных при одинаковом положении УГВ.

Таблица 4. Распределение влажности почвы (W , л/м³) при различных уровнях грунтовых вод

Культура	Расчетный слой Δz , м	Влажность слоя почвы W в зависимости от УГВ						Полная влагоемкость расч. слоя	Влажность 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	

Таблица 5. Относительное содержание корней в единице мощности корнеобитаемого слоя t (%/м) на торфяной почве

Культура	Расчетный слой Δz , м	Относительное содержание корней t 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	03,5	
	0,8-0,9					0,2	0,3	



Изменение фактически измеренных и рассчитанных величин активности зеленой массы трав

Особенностью изменения влажности данной почвы по глубине является неоднородность почвенного состава. Верхний слой (0-20 см) представлен древесно-осоковым торфом 30%-ной разложённости. Ниже 20 см минерализация торфа увеличивается и на глубине 40-50 см начинается песок. Поэтому влажность, соответствующая полной влагоемкости почвы W_n верхнего корнеобитаемого слоя 0-20 см определена экспериментальным путем и принята 550 л/м³. Полная влагоемкость песка и влажность завядания приняты по источникам [5, 6].

Содержание массы корней в единичном слое почвы (табл. 5) получено экспериментальным путем на опытной площадке 1 мелиоративной системы «Козицкое», участок Перехрестье. Полученные нами данные практически совпадают с представленными ранее в работах других ученых [6, 7].

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

Литература

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

Summary

Lekunovich S. Water regime of soil root layer – principal factor of accumulation of radionuclides by perennial grasses

The mathematical model that permits to calculate accumulation of radionuclides Cs-137 in any time of the growing period of perennial grasses and also to execute forecasting accounts for the scheduled yielding capacity is presented. The executed checking calculations using the given model have shown good convergence of the calculated and measured values of accumulation of radionuclides in green mass of the grasses.