

# МОДЕЛЬ ПОГЛОЩЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ РАСТЕНИЯМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИНАМИКИ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

Судас А.С., Русецкий А.П.

Исследования различных авторов по накоплению радионуклидов растениями под влиянием водообеспеченности корнеобитаемого слоя почвы показали на неоднозначность и противоречивость результатов: от повышения содержания радиоактивных веществ при увеличении водообеспеченности [1, 2], до его понижения [3]. Имеется ряд исследований, показывающих на повышение загрязнения растений, как при повышении, так и понижении водообеспеченности корнеобитаемого слоя от некоторого их оптимального значения [4,5,6]. Другие исследования затрагивают миграцию радионуклидов в почвенно-растительном покрове в зависимости от степени увлажнения последнего [7, 8] и др. Аналитический обзор этих исследований показал, что имеющиеся модели накопления радионуклидов растениями не учитывают изменения (динамику) влажности почвы во времени, а основаны лишь на неких осреднённых значениях в целом за вегетационный период, или определениях, характеризующих многолетнюю водообеспеченность почв (автоморфные, временно-избыточные, дерново-глеевые, дерново-подзолистые, торфяно-болотные и другие). Этими обстоятельствами объясняются существенные различия в накоплении радионуклидов растениями по годам исследований, так как при равной средней за вегетацию влажности почвы, или одних и тех же характеристиках почв, режим увлажнения корнеобитаемого слоя за время роста и развития растений может по годам существенно различаться в зависимости от метеорологических условий.

В данной работе приведена модель накопления радионуклидов растениями, учитывающая динамику влажности корнеобитаемого слоя почвы в вегетационный период.

В основе разработанной модели использована структура взаимосвязи накопления радионуклидов от средней влажности почвы корнеобитаемого слоя за вегетационный период [4, 5]. Только средняя влажность почвы за вегетацию заменена функцией переменной влажности. Поскольку от динамики влажности почвы зависит прирост как биомассы растений, так и радионуклидов, то раздельное их определение за элементарные промежутки времени позволяет рассчитать динамику удельной активности накопления радионуклидов во время вегетации, а также суммарную активность за всю вегетацию путём интегрирования её приращений за элементарные промежутки времени.

Кроме этого, в предлагаемой модели дополнительно введены, как отдельные факторы, коэффициенты, учитывающие вид культуры и неравномерность поглощения радионуклидов во времени, а также содержание вещества-аналога в почве.

В результате математическое выражение модели поступления радионуклидов в растения за время от  $t_1$  до  $t_2$  в интегральной форме получено в виде:

$$Q_s = \int_{t_1}^{h_p t_2} \int_{z_i} z_i \cdot K_k \cdot K_i(t) \cdot S(z) E_T(t) \cdot \frac{q^3(z,t) \cdot m(z)}{\int_0^{h_k} q^3(z,t) \cdot m(z) \cdot dz} \cdot dt \cdot dz, \quad (1)$$

- е  $Q_s$  - количество поглощённых радионуклидов растениями;
- $z_i$  - коэффициент эффективности поглощения  $i$ -го радионуклида, зависящий от вида растения;
- $K_k$  - коэффициент, учитывающий содержание вещества-аналога в почве;
- $K_i(t)$  - коэффициент, учитывающий динамику поглощения радионуклидов по времени роста культуры;
- $E_T(t)$  - транспирация влаги культурой;
- $S(z)$  - содержание радионуклидов в единичном слое почвы на глубине  $z$  ;
- $q(z,t)$  - относительная влажность почвы на глубине  $z$  в момент времени  $t$  ;
- $m(z)$  - содержание массы корней в единичном слое почвы на глубине  $z$  ;
- $h_p$  - величина загрязнённого радионуклидами слоя почвы;
- $h_k$  - мощность корнеобитаемого слоя;
- $dt$  - элементарный промежуток времени;

$dz$  - элементарный слой почвы.

В условиях стохастического характера изменения исходной информации (осадков, температуры воздуха, испарения, влажности) для практического решения уравнения (1) целесообразно ввести осреднение переменных параметров на небольших промежутках времени и глубин, сохраняя их постоянными на этих промежутках. Такими промежутками времени  $\Delta t$  могут быть декады, так как для них накоплен и статистически обработан большой материал по испарению, осадкам, температуре воздуха. Приемлемыми для расчётов интервалами по глубине могут быть приняты

$\Delta z = 0,1m = \text{const}$ . Для таких условий уравнение (1) переходит в уравнение в конечных разностях в виде:

$$Q_s = \sum_1^n z_i \cdot K_\kappa \cdot K_{\Delta t} \cdot E_{\Delta t} \cdot \frac{\sum_1^c q_{\Delta z, \Delta t}^3 \cdot m_{\Delta z} \cdot S_{\Delta z}}{\sum_1^\kappa q_{\Delta z, \Delta t}^3 \cdot m_{\Delta z}}, \quad (2)$$

где  $n$  - число расчётных декад ( $\Delta t$ );

$c$  - число расчётных слоёв ( $\Delta z$ ) в пределах загрязнённой почвы;

$\kappa$  - число расчётных слоёв ( $\Delta z$ ) на глубине распространения корневой системы;

$K_{\Delta t}$  - коэффициент, учитывающий поглощение радионуклидов на промежутке времени  $\Delta t$ ;

$E_{\Delta t}$  - транспирация за время  $\Delta t$ ;

$q_{\Delta z, \Delta t}$  - влажность слоя  $\Delta z$  на промежутке времени  $\Delta t$ ;

$m_{\Delta z}$  - содержание корней в слое  $\Delta z$ ;

$S_{\Delta z}$  - содержание радионуклидов в слое  $\Delta z$ .

Удельная активность растений за вегетационный период:

$$R = \frac{Q_s}{M}, \quad (3)$$

где  $M$  - масса растений за вегетационный период.

Прирост биологической массы многолетних трав в некоторый момент времени зависит от влажности корнеобитаемого слоя почвы, способности прироста растения, определяемой биологической кривой роста и зависящей от содержания питательных веществ в почве и климатических условий. Для многолетних трав динамика прироста массы зависит ещё от сроков и количества их скашивания или стравливания. Предлагаемая модель позволяет учесть все эти факторы и их динамику в процессе роста и развития растений.

#### Литература

1. Агеец В.Ю. Система радиоэкологических контрмер в агрофере Беларуси/Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт радиологии». Мн., 2001. - с. 250.
2. Богдевич И.М., Шмигельская И.Д., Шмигельский А.А., Тарасюк С.В. Зависимость периода полураспада верхнего слоя почвы (0-5см) загрязнённого  $^{137}\text{Cs}$ , от степени их увлажнения//Сельскохозяйственная деятельность в условиях радиоактивного загрязнения: Материалы международной научно-практической конференции./Белорусская сельскохозяйственная академия. - Горки, 1998. - с. 21-25.
3. Рерих Л.А., Моисеев И.Т. Влияние основных агрометеорологических факторов на поступление радиоцезия в растения//Агрохимия. - 1989. - № 10, - с. 96-99.
4. Афанасик Г.И., Судас А.С., Шкутов Э.Н. Пути снижения загрязнённости сельскохозяйственной продукции радионуклидами на мелиорированных землях.//НТИ. Мелиорация и водное хозяйство. - Мн., 1994. - № 5-6. - с. 32-40.
5. Афанасик Г.И. Моделирование и долгосрочный прогноз миграции радионуклидов в системе «грунтовые воды-почва-растение»//Мелиорация переувлажнённых земель. Сборник научных работ. Том XLI./Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и луговодства. - Мн., 1994. - с. 25-35.

6. Судас А.С., Домнич А.Ф., Рожка Т.Б. Накопление  $^{137}\text{Cs}$  многолетними травами в зависимости от гидрологического режима поймы/«Мелиорация и луговодство на пойменных землях». Сб. БелНИИМил, Минск-1996. - с. 164-169.
7. Гулякин И.В., Юдинцева Е.В., Левина Э.М. Влияние влажности почвы на поступление  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в растения // Агрoхимия. – 1976. - №2. – с. 102-107.
8. Караваева Е.Н., Куликов Н.В., Молчанова И.В. Режим почвенного увлажнения и миграция радионуклидов в почвенно-растительном покрове. Радиоактивные изотопы в почвенно-растительном покрове/УНЦ АН СССР. Свердловск, 1979. – с. 3-16.