

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГРАДАЦИИ ПОЛЛЮТАНТОВ В РАСТЕНИЯХ

Водопьянов В.В., Киреева Н.А.<sup>1</sup>, Водопьянова Л.Л.

Уфимский государственный авиационный технический университет, Россия, 450000,  
Уфа, ул. К.Маркса, 12, (347)2730726, vodop@yandex.ru

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет, Россия, 450074, Уфа, ул. Заки Валиди, 32,  
(347)2736712, vodop@yandex.ru

При построении кинетических моделей фиторемедиации, необходимо учитывать, что процесс ризодеградации может протекать одновременно с фитодеградацией, фитотрансформацией и фитоиспарением.

Рассмотрим модель, где часть загрязнения может минерализоваться почвенными микроорганизмами, часть поллютантов может оставаться в водной фазе почвы ( $A_{aq}(t)$ ), часть – находиться в биодоступной форме, связанной с твердой почвенной матрицей ( $A_{fs}(t)$ ), а некоторое количество загрязнения может находиться в труднодоступной форме в виде связанных остатков ( $A_{ss}(t)$ ).

Тогда изменение содержания поллютантов опишем моделью:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_w(t)}{dt} = -C_w(t) \cdot \left( \lambda M_0 + \frac{C_w(t)}{u_1 + C_w(t)} \right) \cdot \frac{\mu Y(t)}{u_2 + Y(t)}, \\ \frac{dY(t)}{dt} = \eta \cdot Y(t) \cdot (\beta S(t) + F_1(t) - Y(t) + h), \\ \frac{dA_{aq}(t)}{dt} = -k_1 A_{aq}(t) + k_2 A_{fs}, \\ \frac{dA_{fs}(t)}{dt} = k_3 A_{aq}(t) - k_4 A_{fs} + k_5 A_{ss}, \\ \frac{dA_{ss}(t)}{dt} = k_6 A_{fs} - k_5 A_{ss}, \\ F_1(t) = A_{aq}(t) + A_{fs}(t) + A_{ss}(t) + C_w(t), \\ S(t) = \alpha_s \sin\left(\frac{2\pi t}{140}\right) \cdot \left( \frac{\text{sgn}(140-t)}{2} + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{1}{F(t)+1}, \\ F(t) = F_0 \exp\left(-\alpha S_0 \left[ \frac{k\lambda}{\mu} (e^{-\lambda t} - 1) + \left(1 - \frac{k}{\mu}\right) \delta (e^{-\delta t} - 1) \right]\right), \end{array} \right.$$

где  $C_w(t)$  – концентрация загрязнителя в ризосфере растений;  $Y(t)$  – численность активных клеток-деструкторов, или численность УОМ (углеводородоокисляющих микроорганизмов);  $S(t)$  – плотность питательных веществ, выделяемых растениями в ризосфере;  $F(t)$  – функция фитотоксичности;  $t$  – время, в мес.

Проведенные расчеты по модели при различных значениях параметров показали ее феноменологическое совпадение с результатами экспериментов.